С. С. Маглыш А. Е. Каревский

БИОЛОГИЯ

11

С. С. Маглыш А. Е. Каревский

БИОЛОГИЯ

Учебное пособие для 11 класса
учреждений общего среднего образования
с русским языком обучения

Под редакцией С. С. Маглыш

Допущено
Министерством образования
Республики Беларусь

2-е издание, исправленное и дополненное

Минск «Народная асвета» 2016

Правообладатель Народная асвета

УДК 57(075.3=161.1)
ББК 28.0я721
М38

Авторы:

С. С. Маглыш («От авторов», § 1—23, § 28—35, «*Приложения А, Б, В*», «Словарь основных терминов и понятий»); *А. Е. Каревский* (§ 24—27, § 36—52, «Словарь основных терминов и понятий»)

Рецензент

заместитель директора по учебной работе, учитель биологии высшей категории государственного учреждения образования «Средняя школа № 160 г. Минска» *Н. К. Колян*

ISBN 978-985-03-2521-1

© Маглыш С. С., Каревский А. Е., 2010
© Маглыш С. С., Каревский А. Е., 2016, с изменениями
© Оформление. УП «Народная асвета», 2016

Правообладатель Народная асвета

От авторов

Дорогие друзья! Вы приступаете к изучению завершающего раздела школьного курса биологии, очень важного для формирования правильного и целостного представления о существовании жизни на Земле.

В рамках данного курса вам предстоит получить основы экологических знаний. Они помогут вам понять законы существования живой природы на разных уровнях ее организации.

На конкретных примерах вы сможете познакомиться с экологическими последствиями хозяйственной деятельности человека, многие из которых в настоящее время являются глобальными экологическими проблемами. Решать эти проблемы предстоит нынешнему и будущим поколениям людей, а значит, и вам. Зная и соблюдая законы природы, человек сможет сохранить равновесие в биосфере и обеспечить потомкам будущее.

Материал учебного пособия состоит из семи глав. Перед каждой главой приведено ее краткое содержание. Главы разделены на параграфы. В тексте параграфов **полужирным прямым** шрифтом выделяются ключевые изучаемые вопросы, ***полужирным курсивом*** — главные понятия и их определения. Мелким шрифтом дается дополнительный материал, позволяющий расширить и углубить знания. Он обозначается знаком .

После основного текста параграфа на цветной плашке приводится главная информация по изучаемому материалу (выводы), на которую надо обратить особое внимание и запомнить ее. К этому призывает знак (обратите внимание — это важно!).

В конце каждого параграфа даны вопросы и задания, перед которыми стоит знак . Они помогут выяснить, насколько полно вы усвоили изучаемый материал, сможете ли вы использовать его для решения каких-либо конкретных задач.

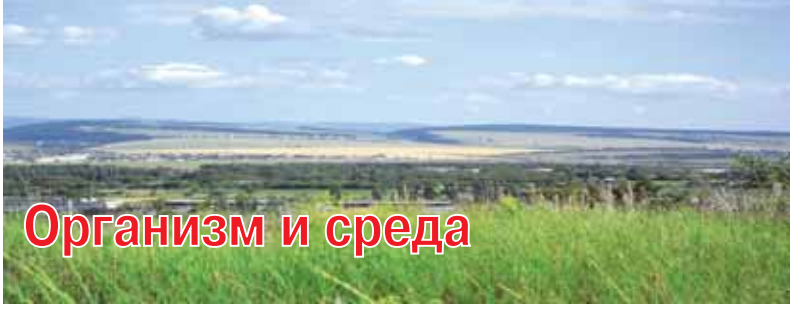
В книге имеется много иллюстраций, которые дадут вам возможность соотносить изучаемый теоретический материал с конкретными объектами или явлениями природы.

В конце учебного пособия размещен Словарь основных терминов и понятий, а также ***Приложения А, Б, В*** с примерами решения задач разных уровней сложности на составление и анализ цепей питания, превращение вещества и энергии в цепи питания, на правило 10 % и на балансовое равенство в экосистеме. Это поможет вам освоить методику решения экологических задач.

Надеемся, что данное учебное пособие окажет вам неоценимую помощь в изучении одной из интереснейших наук — биологии, поможет хорошо подготовиться к централизованному тестированию.

Желаем успехов!

Правообладатель Народная асвета



Глава 1 Организм и среда

В первой главе вы познакомитесь с такими понятиями, как «среда жизни», «среда обитания», «условия существования», «экологические факторы». Получите представление об общих закономерностях воздействия экологических факторов на организм и их взаимодействии между собой. Знание этих закономерностей позволит вам понять, что такое лимитирующий фактор. Завершается глава характеристикой сред жизни и разнообразия адаптаций организмов к ним.

§ 1. Уровни организации живых систем. Экология как наука

Уровни организации живых систем. Живая природа представляет собой сложноорганизованную соподчиненную (иерархичную) систему, состоящую из разных биологических систем (биосистем).

Биологическая система (биосистема) — биологический объект, состоящий из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов и обладающий способностью к развитию, самовоспроизведению и приспособлению к среде. Например, амеба обыкновенная представляет собой биосистему, состоящую из оболочки, ядра и цитоплазмы, содержащей органоиды. Все ее структурные элементы взаимодействуют между собой и обеспечивают амебе способность к размножению и существованию в водной среде.

Примером биосистемы может служить любое покрытосеменное растение, состоящее из взаимосвязанных органов — корня, стебля, листьев, цветков и плодов. Благодаря этим структурным элементам растение может размножаться и приспосабливаться к жизни в наземной среде. Смешанный или хвойный лес также является примером биосистемы. Лес состоит из популяций разных видов растений, животных, грибов и микроорганизмов. Эти популяции взаимодействуют между собой и обеспечивают его развитие и устойчивое существование в данной среде.

На основании особенностей проявления свойств живого выделяют несколько уровней организации жизни.

Первый уровень — ***молекулярный***. Элементарными единицами этого уровня являются *биомолекулы*: нуклеиновые кислоты, белки, липиды, углеводы и другие органические соединения, которые вступают во взаимодействие между со-

Правообладатель Народная асвета

бой и формируют более сложные системы. Этот уровень организации жизни изучают молекулярная биология и биологическая химия.

Следующим уровнем организации жизни является ***клеточный уровень***. Элементарные единицы этого уровня — *клетки*. Их структурными элементами выступают компоненты, состоящие из взаимосвязанных биомолекул. Клетку как структурную и функциональную единицу жизни изучает наука цитология.

Клетки, взаимодействуя, формируют ткани, из которых образуются органы. Органы и ткани представляют ***органотканевый уровень*** организации жизни. Ткани изучает гистология, а органы — анатомия и физиология.

Организменный уровень организации жизни представляют *организмы* (*особи*) — целостные саморегулирующиеся системы, состоящие из взаимосвязанных тканей и органов. Растительные организмы изучает ботаника, животные организмы — зоология.

Следующим уровнем организации жизни является ***популяционно-видовой уровень***. Родственные особи объединяются в *популяции*, а популяции составляют *виды*.

Следующий уровень организации жизни — ***биоценотический***. Элементарными единицами этого уровня являются *биоценозы (сообщества)*. Они формируются из популяций разных видов, длительно обитающих в одной и той же среде, между которыми возникают межвидовые связи и взаимоотношения.

Биогеоценотический уровень организации жизни является еще более сложным. Его представляют биологические системы — *биогеоценозы (экосистемы)*. Они возникают в результате взаимодействия биоценозов и условий среды.

Самый высший уровень организации жизни — ***биосферный***. Совокупность всех экосистем на планете Земля, связанных непрерывным круговоротом вещества и потоком энергии, называют *биосферой*. Она представляет собой глобальную по масштабам и сложности биологическую систему.

Экология как наука. Термин «экология» (от греч. *oikos* — дом, жилище, *logos* — наука, учение) впервые ввел немецкий зоолог-эволюционист Э. Геккель в 1866 г. Под экологией он понимал науку об отношениях организмов с окружающей средой.

На начальном этапе экология представляла собой науку, изучающую взаимодействия организмов (особей). В настоящее время предмет экологии значительно расширился. Помимо организмов, он включает надорганизменные биосистемы: популяции, биоценозы (сообщества), биогеоценозы (экосистемы) и биосферу.

Экология — наука, изучающая биологические системы разного уровня организации (от организма до биосферы) и закономерности их взаимодействия.

Правообладатель Народная асвета

Перед экологией стоят следующие задачи:

1) изучение реакций организмов на воздействующие на них факторы;

2) изучение свойств и структуры популяций, динамики и механизмов регуляции их численности;

3) изучение биологического разнообразия экосистем, закономерностей образования и распределения в них биологической продукции;

4) изучение процессов, протекающих в биосфере, с целью достижения ее устойчивости;

5) разработка оптимальных путей взаимодействия человека и природы с учетом законов существования природы.

Таким образом, экология является научной основой рационального использования и охраны природных ресурсов. Это важнейшая наука будущего и, как писал французский эколог Ф. Дре еще в 1976 г., «возможно, само существование человека на нашей планете будет зависеть от прогресса экологии».

Современная биология рассматривает жизнь на планете Земля как совокупность соподчиненных биологических систем. Они представляют молекулярный, клеточный, органотканевый, организменный, популяционно-видовой, биоценотический, биогеоценотический и биосферный уровни организации жизни. Экология как наука изучает следующие биосистемы: организмы, популяции, биоценозы (сообщества), биогеоценозы (экосистемы), биосферу — и закономерности их взаимодействия.

1. Что такое биосистема? **2.** Назовите последовательность уровней организации живой материи, соблюдая принцип иерархии. **3.** Дайте современное определение экологии. Что является предметом экологии? **4.** Какие задачи должна решать экология? **5.** Почему экология является научной основой рационального использования и охраны природных ресурсов? **6.** Установите соответствие между уровнями организации жизни и названиями наук, их изучающих. *Уровни организации жизни*: 1. Биосферный. 2. Организменный. 3. Молекулярный. 4. Биоценотический. 5. Популяционно-видовой. 6. Органотканевый. 7. Биогеоценотический. 8. Клеточный. *Биологические науки*: а) ботаника; б) экология; в) цитология; г) анатомия; д) биологическая химия; е) физиология; ж) гистология; з) зоология; и) молекулярная биология. **7.** Приведите примеры использования человеком экологических знаний в промышленном производстве, сельском хозяйстве, транспортной сфере и охране природы.

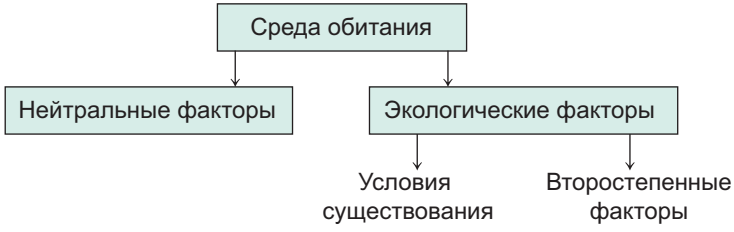
Правообладатель Народная асвета

§ 2. Факторы среды и их классификация

Понятие о среде обитания, факторах среды и условиях существования. Такие понятия, как «среда обитания» и «условия существования» с точки зрения экологов не являются равнозначными.

Среда обитания — часть природы, которая окружает организм и с которой он непосредственно взаимодействует в течение своего жизненного цикла.

Среда обитания каждого организма сложна и изменчива во времени и пространстве. Она включает множество элементов живой и неживой природы и элементов, привносимых человеком и его хозяйственной деятельностью. В экологии эти элементы среды называются *факторами*. Все факторы среды по отношению к организму неравнозначны. Одни из них влияют на его жизнедеятельность, а другие для него безразличны. Присутствие одних факторов обязательно и необходимо для жизни организма, а других — не обязательно (см. схему).



Нейтральные факторы — компоненты среды, которые не влияют на организм и не вызывают у него никакой реакции. Например, для волка в лесу безразлично присутствие белки или дятла, наличие гнилого пня или лишайников на деревьях. Они не оказывают на него непосредственного воздействия.

Экологические факторы — свойства и компоненты среды обитания, которые воздействуют на организм и вызывают у него ответные реакции. Если эти реакции носят приспособительный характер, то они называются адаптациями. ***Адаптация*** (от лат. *adaptatio* — прилаживание, приспособление) — признак или комплекс признаков, обеспечивающих выживание и размножение организмов в конкретной среде обитания. Например, обтекаемая форма тела рыб облегчает их передвижение в плотной водной среде. У некоторых видов растений засушливых мест вода может запасаться в листьях (алоэ) или стеблях (кактус).

В среде обитания экологические факторы различаются по значимости для каждого организма. Например, углекислый газ не важен для жизни животных,

Правообладатель Народная асвета

но обязателен для жизни растений, а вот без воды не могут существовать ни те, ни другие. Следовательно, для существования организмов любого вида требуются определенные экологические факторы.

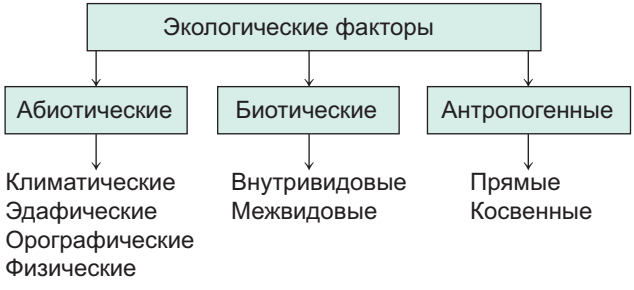
Условия существования (жизни) — комплекс экологических факторов, без которых организм не может существовать в данной среде.

Отсутствие в среде обитания хотя бы одного из факторов этого комплекса приводит к гибели организма или угнетению его жизнедеятельности. Так, к условиям существования растительного организма относится наличие воды, определенной температуры, света, углекислого газа, минеральных веществ. Тогда как для животного организма обязательными являются вода, определенная температура, кислород, органические вещества.

Все остальные экологические факторы не являются жизненно важными для организма, хотя и могут влиять на его существование. Их называют *второстепенными факторами*. Например, для животных углекислый газ и молекулярный азот не являются жизненно необходимыми, а для существования растений не обязательно наличие органических веществ.

Классификация экологических факторов. Экологические факторы многообразны. Они играют различную роль в жизни организмов, имеют неодинаковую природу и специфику действия. И хотя экологические факторы воздействуют на организм как единый комплекс, их классифицируют по разным критериям. Это облегчает изучение закономерностей взаимодействия организмов с окружающей средой.

Разнообразие экологических факторов по природе происхождения позволяет разделить их на три большие группы. В каждой из групп можно выделить несколько подгрупп факторов, которые указаны в приведенной ниже схеме.



Абиотические факторы — элементы неживой природы, которые прямо или косвенно влияют на организм и вызывают у него ответную реакцию. Их подразделяют на четыре подгруппы:

Правообладатель Народная асвета

1) *климатические факторы* — все факторы, которые формируют климат в данной среде обитания (свет, газовый состав воздуха, осадки, температура, влажность воздуха, атмосферное давление, скорость ветра и т. д.);

2) *эдафические факторы* (от греч. *edafos* — почва) — свойства почвы, которые разделяются на физические (влажность, комковатость, воздухо- и влагопроницаемость, плотность и т. д.) и химические (кислотность, минеральный состав, содержание органического вещества);

3) *орографические факторы* (факторы рельефа) — особенности характера и специфика рельефа местности. К ним относятся: высота над уровнем моря, широта, крутизна (угол наклона местности по отношению к горизонту), экспозиция (положение местности относительно сторон света);

4) *физические факторы* — физические явления природы (гравитация, магнитное поле Земли, ионизирующее и электромагнитное излучения и т. д.).

Биотические факторы — элементы живой природы, т. е. живые организмы, влияющие на другой организм и вызывающие у него ответные реакции. Они носят самый разнообразный характер и действуют не только непосредственно, но и косвенно через элементы неорганической природы. Биотические факторы разделяют на две подгруппы:

1) *внутривидовые факторы* — влияние оказывает организм того же вида, что и данный организм (например, в лесу высокая береза затеняет маленькую березку, у земноводных при высокой численности крупные головастики выделяют вещества, замедляющие развитие более мелких головастиков, и т. д.);

2) *межвидовые факторы* — влияние на данный организм оказывают особи других видов (например, ель угнетает рост травянистых растений под ее кроной, клубеньковые бактерии обеспечивают азотом бобовые растения и т. д.).

В зависимости от того, кем является воздействующий организм, биотические факторы подразделяют на четыре основные группы: 1) фитогенные (от греч. *phytón* — растение) факторы — влияние растений на организм; 2) зоогенные (от греч. *zṓon* — животное) факторы — влияние животных на организм; 3) микогенные (от греч. *mýkēs* — гриб) факторы — влияние грибов на организм; 4) микробогенные (от греч. *micrós* — малый) факторы — влияние других микроорганизмов (бактерий, протистов) и вирусов на организм.

Антропогенные факторы — разнообразные виды деятельности человека, влияющей как на сами организмы, так и на их местообитания. В зависимости от способа воздействия выделяют две подгруппы антропогенных факторов:

1) *прямые факторы* — непосредственное воздействие человека на организмы (скашивание травы, посадка леса, отстрел животных, разведение рыбы);

2) *косвенные факторы* — влияние человека на среду обитания организмов самим фактом своего существования и через хозяйственную деятельность.

Правообладатель Народная асвета

Как биологическое существо человек поглощает кислород и выделяет углекислый газ, изымает пищевые ресурсы. Как социальное существо он оказывает влияние через сельское хозяйство, промышленность, транспорт, бытовую деятельность и др.

В зависимости от последствий воздействия эти подгруппы антропогенных факторов, в свою очередь, подразделяют на факторы положительного и отрицательного влияния. *Факторы положительного влияния* повышают численность организмов до оптимального уровня или улучшают среду их обитания. Их примерами являются: посадка и подкормка растений, разведение и охрана животных, охрана окружающей среды. *Факторы отрицательного влияния* снижают численность организмов ниже оптимального уровня или ухудшают среду их обитания. К ним можно отнести вырубку лесов, загрязнение окружающей среды, разрушение местообитаний, прокладку дорог и других коммуникаций.

По природе происхождения косвенные антропогенные факторы можно разделить на:

а) *физические* — создаваемые в ходе деятельности человека электромагнитное и радиоактивное излучения, непосредственное воздействие на экосистемы строительной, военной, промышленной и сельскохозяйственной техники в процессе ее использования;

б) *химические* — продукты сгорания топлива, пестициды, тяжелые металлы;

в) *биологические* — распространяемые в ходе деятельности человека виды организмов, способных внедряться в естественные экосистемы и нарушать тем самым экологическое равновесие;

д) *социальные* — рост городов и коммуникаций, межрегиональные конфликты и войны.

Последствия действия этих факторов рассматриваются в главе 7 «Биосфера — живая оболочка планеты».

Среда обитания — часть природы, с которой организм непосредственно взаимодействует в течение своей жизни. Экологические факторы — свойства и компоненты среды обитания, которые воздействуют на организм и вызывают у него ответные реакции. Экологические факторы по природе происхождения разделяют на: абиотические (климатические, эдафические, орографические, физические), биотические (внутривидовые, межвидовые) и антропогенные (прямые, косвенные) факторы.

Правообладатель Народная асвета

1. Дайте определение понятий «среда обитания» и «условия существования». **2.** Какие из перечисленных ниже факторов являются условиями существования для растений, а какие — для животных: вода, ветер, свет, углекислый газ, органические вещества, минеральные вещества? **3.** На какие группы разделяют экологические факторы по происхождению? **4.** Распределите указанные экологические факторы на группы по их происхождению: температура, высота местности, хищники, свет, транспорт, паразиты, электромагнитное излучение, вырубка деревьев, минеральный состав почвы, растительноядные животные, орошение засушливых земель. **5.** Для каждой подгруппы абиотических факторов подберите соответствующее определение и названия факторов. *Подгруппы абиотических факторов*: 1. Климатические. 2. Эдафические. 3. Орографические. 4. Физические. *Определения факторов*: 1) физические и химические свойства почвы; 2) физические явления природы; 3) факторы, формирующие климат в данной среде; 4) особенности характера и специфика рельефа местности. *Названия факторов*: а) высота местности; б) свет; в) кислотность почвы; г) влажность воздуха; д) экспозиция местности; е) электромагнитное излучение; ж) влажность почвы; з) скорость ветра; и) гравитация; к) минеральный состав почвы. **6.** Составьте прогноз последствий воздействия перечисленных антропогенных факторов на живую природу: вырубка лесов; добыча нефти в океане, ее транспортировка и переработка; прямое истребление биологических видов; использование химических средств борьбы с вредителями; сброс в водные системы промышленных и канализационных отходов.

§ 3. Закономерности действия факторов среды на организм

Пределы выносливости (толерантности) и зоны действия экологического фактора. Человек, наблюдая за жизнью организмов в природе, долгое время не мог получить ответы на ряд интересующих его вопросов: почему переселение из одной среды обитания в другую для одних видов завершается успешно, а для других — нет? Почему одни виды могут жить в сильно изменяющихся условиях среды, а другим для жизни требуется относительное постоянство этих условий? Почему одна и та же сила воздействия фактора для одних организмов благоприятна, для других — неблагоприятна, а для третьих — губительна?

Объяснить эти особенности взаимодействия организмов со средой обитания помогла экология. Она установила зависимость жизнедеятельности организмов от силы воздействия экологических факторов. Любая ответная реакция организма на действие фактора среды в конечном итоге отражается на его жизнедеятельности. Она зависит не только от природы фактора, но и от силы и продолжительности его воздействия на организм, т. е. от дозы фактора.

Несмотря на разнообразие экологических факторов, был выявлен ряд общих закономерностей в ответных реакциях живых организмов. Теоретически зависимость жизнедеятельности организма (его ответной реакции) от силы воздействия

Правообладатель Народная асвета

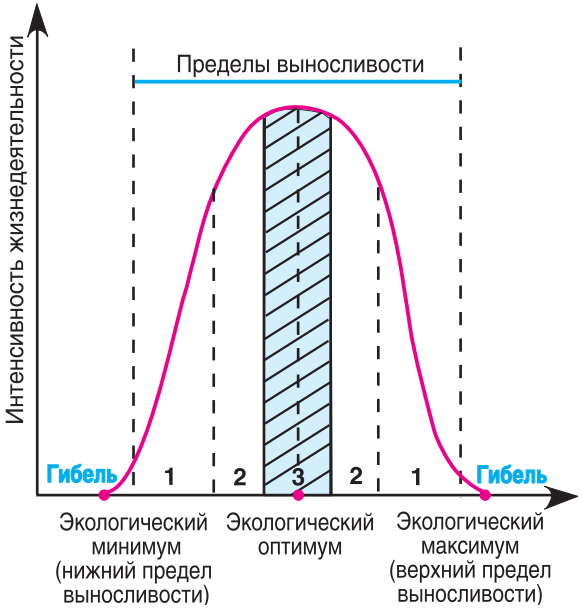


Рис. 1. Зависимость жизнедеятельности организма от силы воздействия экологического фактора: *1* — зона пессимума, *2* — зона нормальной жизнедеятельности, *3* — зона оптимума

фактора в общем виде можно выразить куполообразной кривой (рис. 1). В реальной ситуации эта кривая, как правило, не бывает идеально симметричной. Как видно из графика, организм проявляет жизнедеятельность не при любой силе воздействия фактора, а в определенном ее диапазоне. Этот диапазон ограничен минимальным и максимальным значениями силы воздействия фактора, переносимыми организмом. Минимальное значение силы воздействия фактора, при котором начинается проявление жизнедеятельности организма, называется ***экологическим минимумом*** или ***нижним пределом выносливости***. А максимальное значение, при котором жизнедеятельность организма прекращается, — ***экологическим максимумом*** или ***верхним пределом выносливости***. Разные виды могут существенно различаться по этим значениям. В зоне умеренного климата экологический минимум по температуре для древесных растений лежит в области отрицательных температур. Для травянистых растений он немного выше 0 °С (тюльпаны, лук, чеснок), а для некоторых культурных растений (огурцы, томаты и др.) не ниже +10 °С. Следовательно, для каждого вида характерны свои пределы выносливости, или толерантности.

Пределы выносливости, или ***толерантности*** (от лат. *tolerantia* — терпение, выносливость), — ***диапазон силы воздействия фактора, в котором возможна жизнедеятельность организма***.

Если сила воздействия фактора выходит за эти пределы, то жизнь организма в данной среде становится невозможной, и он погибает. В пределах толерантности жизнедеятельность организма сильно варьирует в зависимости от силы воздействия фактора. Но можно выделить три зоны действия фактора, в которых организм проявляет характерную ответную реакцию:

Правообладатель Народная асвета

1) ***зона пессимума*** (от лат. *pessimum* — причинять вред), или ***зона угнетения***, — диапазоны силы воздействия фактора (их два), в пределах которых жизнедеятельность организма снижена. При такой силе воздействия фактора невозможны его рост и развитие, но сохраняется возможность для существования;

2) ***зона нормальной жизнедеятельности***, или ***зона нормы***, — диапазоны силы воздействия фактора (их два), в пределах которых наблюдаются умеренный рост и развитие организма. Однако данная сила воздействия фактора недостаточно благоприятна для его размножения.

3) ***зона оптимума*** (от лат. *optimum* — наилучший) — диапазон силы воздействия фактора, в пределах которого организм проявляет максимальную жизнедеятельность. При такой силе воздействия фактора наблюдаются его активный рост, развитие и эффективное размножение.

Для некоторых видов организмов в зоне оптимума можно выделить конкретное значение силы воздействия фактора, наиболее благоприятное для жизнедеятельности. Его называют ***экологическим оптимумом***. Однако чаще всего наилучшие показатели жизнедеятельности наблюдаются в определенном диапазоне силы воздействия фактора, т. е. в зоне оптимума.

Таким образом, закономерностями действия факторов среды на организм являются: экологический минимум, экологический максимум, пределы выносливости. В пределах выносливости можно выделить зоны пессимума, нормальной жизнедеятельности и оптимума.

Понятие о стенобионтах и эврибионтах. У всех видов организмов в процессе эволюции выработалась способность воспринимать факторы среды в тех пределах, которые благоприятно влияют на их жизнедеятельность. Виды, долго жившие в относительно стабильных условиях среды, утратили способность выдерживать значительные отклонения факторов от их оптимальных значений. В то же время виды, которые были подвержены существенным колебаниям факторов, стали выносливыми по отношению к изменяющимся условиям среды. Свойство видов приспосабливаться к определенному диапазону изменения факторов среды, называется ***экологической пластичностью*** или ***экологической валентностью.***

В зависимости от экологической пластичности у организмов имеются разные пределы толерантности к различным экологическим факторам. Чем больше их экологическая пластичность, тем шире у них пределы толерантности по отношению к факторам среды, и наоборот. Например, рыбы, живущие в водоемах пустынь, переносят перепады температуры от +10 до +40 °С. А у антарктических рыб диапазон переносимых температур составляет всего 4 °С (от –2 до +2 °С).

В зависимости от пределов толерантности виды разделяют на две группы: стенобионты и эврибионты. ***Стенобионты*** (от греч. *stenós* — узкий) — виды организмов, имеющие узкие пределы толерантности. Они способны существо-

Правообладатель Народная асвета

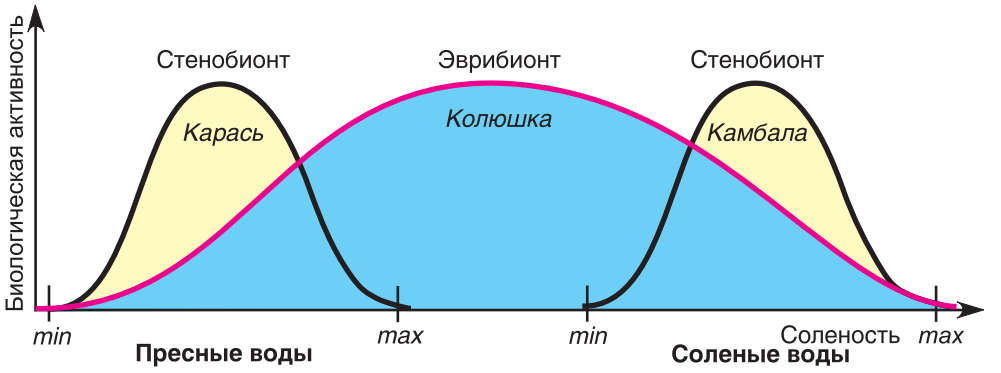


Рис. 2. Различие пределов толерантности рыб по отношению к солености воды

вать на ограниченных территориях с относительно постоянными условиями среды. ***Эврибионты*** (от греч. *eurýs* — широкий) — виды организмов, имеющие широкие пределы толерантности. Они могут заселять обширные территории со значительными колебаниями условий среды.

Таким образом, стенобионты маловыносливы в отношении изменяющихся условий среды. Их представителями являются типичные обитатели морей и пресных водоемов. Например, камбала живет только в соленой, а карась — только в пресной воде (рис. 2). Эврибионты характеризуются способностью легко приспосабливаться к сильно изменяющимся условиям среды. Типичным представителем эврибионтов является колюшка, которая может жить как в пресных, так и в соленых водах.

Именно поэтому одни виды обитают в сильно изменяющихся условиях среды, а другим для жизни требуется относительное постоянство этих условий. В связи с этим переселение из одной среды обитания в другую для одних видов завершается успешно, а для других заканчивается гибелью.

Все виды живых организмов по отношению к различным экологическим факторам имеют определенные пределы выносливости (толерантности). Эти пределы ограничены экологическим минимумом и экологическим максимумом. В пределах выносливости выделяют зоны оптимума, нормальной жизнедеятельности и пессимума. В зависимости от пределов выносливости организмы делят на стенобионтов и эврибионтов.

1. Дайте определение понятий «экологический минимум», «экологический максимум», «экологический оптимум», «пределы толерантности». **2.** Укажите различия между стенобионтами и эврибионтами. Подтвердите их на конкретных примерах.

Правообладатель Народная асвета

3. У организма пределы выносливости по отношению к температуре составляют 4…30 °С. Какое из значений температуры для него будет самым оптимальным? **4.** Выберите из предложенных вариантов пределы выносливости по отношению к влажности (25—60 %; 30—75 %; 35—85 %; 50—95 %), которые должен иметь организм, чтобы чувствовать себя наиболее комфортно при влажности 60 %. **5.** Для разных сортов пшеницы были установлены следующие диапазоны переносимых температур: 1) 2—30 °С; 2) 3—35 °С; 3) 4—29 °С; 4) 3—37 °С; 5) 1—28 °С. Расположите данные сорта в порядке увеличения их экологической пластичности. **6.** Рассчитайте экологический оптимум по отношению к температуре для разных видов культурных растений, имеющих следующие пределы толерантности: 1) 15—45 °С; 2) –3—+29 °С; 3) 12—38 °С; 4) –10—+20 °С; 5) 6—24 °С. Расположите эти виды в порядке увеличения холодостойкости. Какие из этих видов можно выращивать в нашей климатической зоне?

§ 4. Взаимодействие экологических факторов. Лимитирующий фактор

Взаимодействие экологических факторов. Исходя из описанных ранее закономерностей действия факторов среды на организм, можно предвидеть реакцию организма на определенную силу воздействия фактора. Однако в природе все факторы среды воздействуют на организм одновременно и с разной силой. Причем сила воздействия отдельного фактора в значительной степени зависит от сочетания и количественного значения силы воздействия других факторов.

В среде обитания экологические факторы не только влияют на организмы, но и взаимодействуют друг с другом. При этом наблюдается усиление или ослабление силы воздействия одного фактора под влиянием другого. В результате абсолютная сила воздействия фактора, измеряемая с помощью соответствующего прибора, не равна силе воздействия фактора, воспринимаемой организмом. Например, высокую температуру легче переносить при низкой, а не высокой влажности воздуха. А угроза обморожения выше на морозе с сильным ветром, чем в безветренную погоду. Таким образом, один и тот же фактор в сочетании с другими оказывает неодинаковое экологическое воздействие на организм. И наоборот, один и тот же экологический эффект для организма может быть достигнут разными путями. Например, недостаток влаги для растений может быть компенсирован поливом или снижением температуры среды; скорость фотосинтеза при слабой освещенности может быть увеличена дополнительным источником света или повышением концентрации углекислого газа в воздухе.

Эти примеры служат доказательством комплексного воздействия факторов на организм и частичной взаимозаменяемости действия одного экологического фактора другим. Взаимная компенсация факторов имеет пределы и полностью заменить один из необходимых организму факторов другим невозможно.

Правообладатель Народная асвета

Например, зеленое растение нельзя вырастить в полной темноте даже при самой высокой концентрации углекислого газа. Оно не будет расти на дистиллированной (не содержащей минеральных веществ) воде при самом оптимальном световом и тепловом режиме. Эта закономерность получила название *принципа незаменимости факторов*: действие одного фактора может быть изменено другим, но не заменено им.

В природной среде в результате взаимодействия различных факторов их действие на организм может компенсироваться, суммироваться и взаимно усиливаться.

Компенсация факторов для организма наблюдается в основном в пределах экосистемы. Именно в экосистеме на организм воздействуют экологические факторы среды. И здесь усиление или ослабление силы воздействия одного фактора может компенсировать недостаток или избыток силы воздействия другого фактора. Например, для растений снижение температуры может частично компенсировать недостаток влаги в почве. Это происходит в результате ослабления транспирации и уменьшения расходования растениями воды при низкой температуре.

Примером простого суммирования факторов является одновременное неблагоприятное действие на человека и животных высокой температуры и недостатка воды. При недостаточном поступлении воды в организм высокая температура, повышающая потоотделение, будет ускорять процесс обезвоживания организма.

Экологические факторы могут взаимно усиливать свое действие на организм. Примером может служить одновременное неблагоприятное воздействие на человека радиоактивного излучения и повышенного содержания нитратов в питьевой воде. В этом случае в несколько раз увеличивается угроза здоровью по сравнению с суммарным действием каждого из этих факторов в отдельности.

В условиях комплексного воздействия факторов среды на организм встает вопрос: какой из факторов играет главную роль в жизни организма в данной среде?

Лимитирующий фактор. Факторы среды, воздействующие на организм, обладают разной силой воздействия. Но организм в один и тот же момент не может проявлять разный уровень жизнедеятельности в ответ на действие каждого из этих факторов. Например, если для растения температура находится в зоне оптимума, освещенность — в зоне нормальной жизнедеятельности, а влажность — в зоне пессимума, то данное растение не будет расти и развиваться, хотя света и тепла достаточно. Его жизнедеятельность будет ограничивать недостаток или избыток влаги. Если произвести полив растения при недостатке влаги, то оно вновь начнет расти. А при избытке влаги, наоборот, нужно прекратить полив, чтобы возобновился рост растения. Следовательно, жизнедеятельность организма лимитирует (ограничивает) фактор, который больше всего отклонился от

Правообладатель Народная асвета

зоны оптимума. Если этот фактор выйдет за пределы толерантности, то организм погибнет.

Лимитирующий (ограничивающий) фактор — фактор, наиболее отклонившийся от своего оптимального значения по сравнению с другими факторами. Он определяет уровень жизнедеятельности организма в данной среде.

Если изменить силу воздействия лимитирующего фактора, то жизнедеятельность организма изменится. Значит, выявление лимитирующих факторов имеет большое практическое значение, поскольку позволяет управлять жизнедеятельностью организмов.

Это дает человеку отправную точку при исследовании сложных ситуаций в хозяйственной деятельности, а также помогает понять многие явления и принципы распределения организмов в природе. Основное внимание следует уделять тем факторам, которые наиболее важны для организма на данном этапе его жизненного цикла. Тогда удастся довольно точно предсказать результат изменений среды.

Чтобы сохранить исчезающий вид в определенном регионе, нужно выяснить, не выходят ли лимитирующие факторы среды за пределы экологической пластичности его организмов. Особенно это важно в период размножения и развития. Изменяя силу воздействия факторов, ограничивающих размножение особей, можно добиться повышения их численности. Таким способом удастся сохранить исчезающий вид. Выявление лимитирующих факторов очень важно и в практике сельского хозяйства. Так, направив основные усилия на их устранение, можно быстро и эффективно повысить урожайность культурных растений или продуктивность домашних животных.

В природе все факторы среды воздействуют на организм как единый комплекс. Действие отдельного фактора зависит от сочетания и количественного значения силы воздействия других факторов. При этом жизнедеятельность организма определяет лимитирующий фактор. Им является фактор, который наиболее отклонился от своего оптимального значения по сравнению с другими факторами среды. Изменяя силу воздействия этого фактора, можно управлять жизнедеятельностью организмов в природе и хозяйстве.

1. Как может изменяться воздействие фактора на организм под влиянием других факторов среды? Приведите примеры. **2.** Укажите факторы, способные повлиять на степень воздействия низкой температуры воздуха на организм: высокая влажность, слабый ветер, облачность, низкая влажность, сильный ветер. **3.** Какое из

Правообладатель Народная асвета

указанных значений температуры (25 °С, 18 °С, 12 °С, 14 °С, 33 °С) будет в наибольшей степени ограничивать рост растения, если его пределы выносливости к температуре составляют 12—55 °С? **4.** Перечислите экологические факторы, которые, по вашему мнению, с наибольшей вероятностью могут стать лимитирующими для картофеля в вашем регионе. Предложите агротехнические мероприятия, которые позволят снизить лимитирующее действие этих факторов на рост картофеля.

§ 5. Свет в жизни организмов

Свет как абиотический фактор среды. Одним из условий существования жизни на Земле является солнечный свет, поступающий из космического пространства. Вам уже известно, что свет имеет волновую природу. В зависимости от длины волны в солнечном спектре выделяют три составных компонента. Их характеристика представлена в таблице 1.

Таблица 1. **Состав солнечного спектра**

Составные компоненты	Длина волны, нм	Содержание в спектре, %
Ультрафиолетовые лучи	30—400	9
Видимый свет	400—700	46
Инфракрасные лучи	более 700	45

Ультрафиолетовые лучи действуют на организмы по-разному в зависимости от дозы и длины волны. Они почти полностью поглощаются озоновым слоем. До земной поверхности доходят только лучи с длиной волны 200—400 нм. Наибольшую опасность для человека представляют лучи с длиной волны 280—320 нм, обладающие канцерогенным действием. Избыточное облучение ультрафиолетом может вызвать рак кожи (меланому), стать причиной развития катаракты (помутнения хрусталика). В то же время в небольших дозах ультрафиолетовые лучи стимулируют синтез пигмента кожи меланина и витамина D. Вы уже знаете, что витамин D оказывает влияние на обмен кальция и фосфора. Это в свою очередь влияет на рост и развитие скелета человека.

Велико значение витамина D для растущего потомства млекопитающих и птиц. Лисицы и барсуки, выводящие детенышей в норах, регулярно выносят их на солнце. «Солнечное купание» свойственно многим птицам. Стремятся погреться на солнышке после зимовки и домашние животные. Известно, что умеренное ультрафиолетовое облучение молодняка сельскохозяйственных животных положительно сказывается на их росте и развитии.

Видимый свет очень важен для существования жизни на Земле. Он является основным источником энергии. Все разнообразие температурных условий

Правообладатель Народная асвета

на нашей планете определяется количеством поступающей солнечной энергии. Разные участки спектра видимого света действуют на организмы по-разному. Красные лучи оказывают тепловое действие. Синие и фиолетовые лучи влияют на протекание некоторых биохимических реакций. Особенно велико значение видимого света для растений. Для фотосинтеза им необходим свет с длиной волны 680 и 700 нм.

Для большинства организмов видимый свет является источником энергии. Дневным животным видимый свет позволяет ориентироваться в среде. Некоторые ночные виды (совы, филины) могут перемещаться даже при слабой освещенности. Сигналом к перелетам птиц служит изменение длины светового дня. Растения также способны изменять положение своих органов в пространстве под действием света, т. е. проявлять фототропизм.

Фототропизм (от греч. *photós* — свет) — ростовые движения органов растений под влиянием одностороннего освещения. Обычно у стеблей наблюдается положительный (по направлению к свету), а у корней — отрицательный (от света) фототропизмы. Положительный фототропизм можно наблюдать на посевах подсолнечника во время цветения. С восхода и до заката соцветия подсолнечника поворачиваются вслед за солнцем.

Инфракрасное излучение является источником тепловой энергии, которая поглощается водой клеток. Некоторые наземные животные (ящерицы, змеи) используют его для повышения температуры тела.

Влияние солнечного света на организмы зависит не только от его качества (длины волны или цвета) и интенсивности освещения. Важную роль играет продолжительность воздействия — длина светового дня (*фотопериод*).

Фотопериод и фотопериодизм. *Фотопериод — длина светового дня, определяющая времена года.* Смена сезонов происходит вследствие изменения длины светового дня. Причиной этого является движение Земли вокруг Солнца и расположение ее оси под углом к плоскости орбиты. Длина светового дня в области экватора относительно постоянна в течение всего года (около 12 ч). Но в умеренных и высоких широтах фотопериод значительно отличается в разное время года. Изменение фотопериода играет сигнальную роль как для растений, так и для животных. Оно является пусковым механизмом, включающим последовательность физиологических процессов и определяющим сезонные ритмы организмов. У растений фотопериод регулирует рост, цветение, плодоношение, листопад, период покоя. Линька, накопление жира, миграция, размножение у животных также управляются фотопериодом.

Фотопериодизм — характерная реакция живых организмов на изменения длины светового дня, соотносящая их биологическую активность с временем года.

Правообладатель Народная асвета

По типу фотопериодической реакции наземные растения разделяют на три основные группы: короткодневные, длиннодневные и нейтральные к длине светового дня.

Короткодневные растения цветут ранней весной или осенью и нуждаются в короткой длине светового дня (менее 12 ч). К ним относятся: земляника, хризантемы, рис, соя, просо и др. *Длиннодневные растения* цветут летом и нуждаются в длине светового дня более 12 ч. Представителями длиннодневных растений являются: картофель, рожь, ячмень, овес, пшеница, редис и др. *Растения, нейтральные к длине светового дня*, цветут вне зависимости от длины светового дня. Такой способностью обладают: огурец, подсолнечник, кукуруза, томат, горох, одуванчик.

Таким образом, регулируя длину светового дня, можно ускорять или замедлять наступление периода цветения у растений в зависимости от поставленных целей.

Следует также отметить, что многие организмы по-разному реагируют на смену дня и ночи. Суточный фотопериодизм характеризуется сменой периодов активности и покоя организмов в зависимости от времени суток. Особенно заметно эта зависимость проявляется у птиц и других животных. Среди них можно выделить три группы организмов: дневные, ночные и сумеречные. *Дневные* активны в светлое время суток (пчела, ласточка, заяц). Они представляют самую многочисленную группу. Добывание пищи у *ночных* организмов происходит в ночное время (таракан, сова, сверчок). Некоторые *сумеречные* организмы активны только во время сумерек (бражник, майский жук).

Экологические группы растений по отношению к световому режиму. В процессе эволюции у растений выработались эффективные приспособления (адаптации) к успешной жизни при световом режиме их местообитаний.

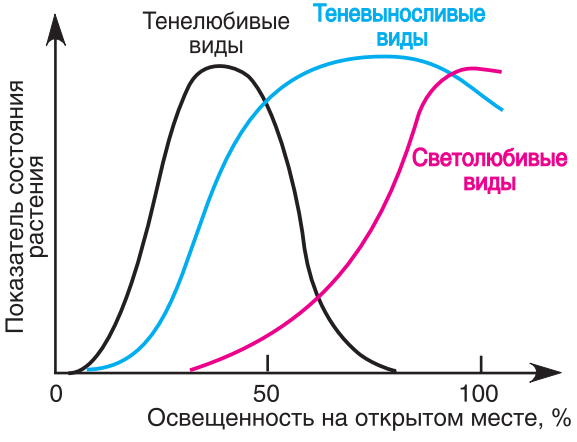


Рис. 3. Световые оптимумы разных экологических групп растений

По разнообразию адаптаций и способности произрастать при определенном световом режиме выделяют три экологические группы растений: светолюбивые, тенелюбивые и теневыносливые. Они отличаются положением светового оптимума в пределах толерантности (рис. 3).

Светолюбивые растения живут на открытых территориях и поглощают много солнечной энергии. Это растения пустынь,

Правообладатель Народная асвета

степей, высокогорных лугов, пустырей и обочин дорог (мать-и-мачеха, очиток), сорняки и культурные растения (подсолнечник, пшеница). Светолюбивые деревья образуют светлые леса, их кроны не смыкаются (лиственница, сосна, осина, береза и др.). У светолюбивых растений листовые пластинки в основном более толстые и светлые, чем у тенелюбивых и теневыносливых растений. Они чаще небольшие, блестящие, иногда покрыты воском или имеют опушение. Листья ориентированы вертикально или под большим углом к горизонту, поэтому получают лишь скользящие лучи. У них есть приспособления для поворота листовых пластинок ребром к солнцу. Мезофилл (мякоть листа) хорошо развит, особенно столбчатая паренхима (рис. 4), хлоропласты мелкие.

Тенелюбивые растения обитают в сильно затененных местах (нижние ярусы тропического леса, горные ущелья, таежные ельники, лесостепные дубравы). К ним относятся мхи, папоротники, кислица, недотрога, медуница и др. У многих тенелюбивых растений листовые пластинки располагаются почти под прямым углом к источнику света, не затеняя друг друга (*листовая мозаика*). Листья очень тонкие, имеют хорошо развитую губчатую паренхиму, содержат крупные хлоропласты и много межклетников. Столбчатая паренхима развита слабо и представлена, как правило, одним слоем клеток (см. рис. 4).

Теневыносливые растения предпочитают хорошую освещенность, но могут расти и в тени. Это растения лесных опушек, лугов, степей (лещина, сныть,

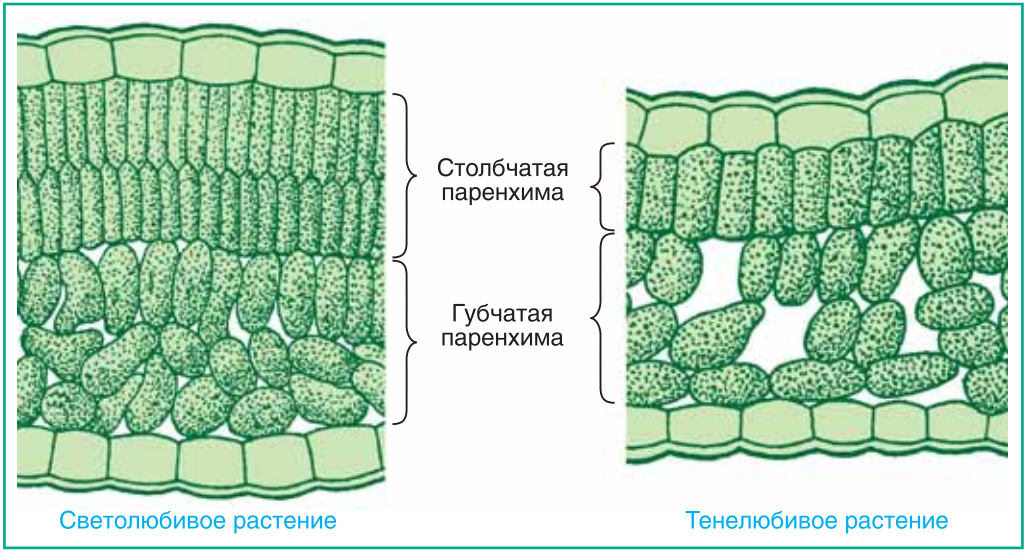


Рис. 4. Внутреннее строение листьев растений разных экологических групп

Правообладатель Народная асвета

подорожник, злаковые травы, ежевика). У травянистых форм теневыносливых растений стебель тонкий, с длинными междоузлиями. Они образуют живой напочвенный покров и кустарниковый ярус в лесах умеренного пояса.

Солнечный спектр состоит из видимого света, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Характерная реакция организмов на сезонное изменение длины светового дня (фотопериод) называется фотопериодизмом. По приспособленности к определенному световому режиму наземные растения разделяют на светолюбивые, тенелюбивые и теневыносливые.

1. Какое влияние на организмы оказывают ультрафиолетовые лучи? **2.** В чем заключается энергетическая роль видимого света для организмов? **3.** Объясните понятия «фотопериод» и «фотопериодизм». **4.** Назовите характерные особенности экологических групп растений по отношению к свету. **5.** Установите соответствие между экологическими группами растений и их представителями. *Экологические группы*: 1. Светолюбивые. 2. Тенелюбивые. 3. Теневыносливые. *Представители*: а) мать-и-мачеха; б) кислица; в) недотрога; г) медуница; д) очиток; е) злак; ж) осина; з) сосна. **6.** Разделите указанные ниже растения на группы по типу фотопериодической реакции: овес, редис, одуванчик, рис, картофель, просо, огурец, рожь, кукуруза, томат, подсолнечник, соя, пшеница, горох. Назовите, какие из них не смогут плодоносить в наших климатических условиях. Объясните почему.

§ 6. Температура как экологический фактор

Температура как абиотический фактор среды. В природе одним из важных лимитирующих факторов среды является температура. Влияние температуры на большинство организмов проявляется в регулировании биохимических и физиологических процессов жизнедеятельности. Температура может влиять на характер поведения и географическое распределение организмов. Для температурного фактора характерны широкие географические, сезонные и суточные колебания. Пределами толерантности для любого вида являются температуры, при которых наступает денатурация белков. Это приводит к потере активности ферментов и необратимому изменению коллоидных свойств цитоплазмы. Диапазон переносимых температур у разных видов сильно варьирует, но, как правило, находится в пределах от 0 до +50 °С.

Пойкилотермные и гомойотермные организмы. В зависимости от способа терморегуляции выделяют две группы организмов: пойкилотермные и гомойотермные.

Пойкилотермные организмы (от греч. *poikílos* — изменчивый, меняющийся, *thérmē* — тепло) — организмы, температура тела которых непостоянна

Правообладатель Народная асвета

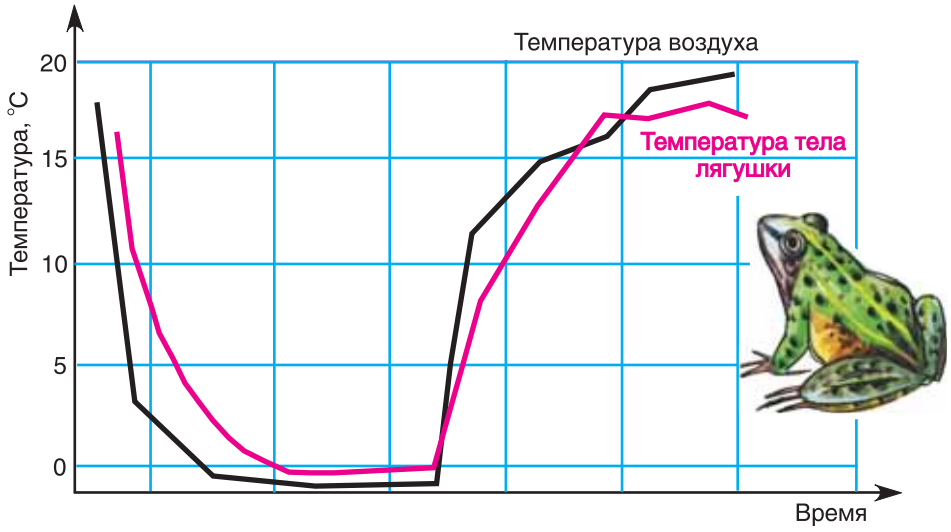


Рис. 5. Влияние изменения температуры воздуха на температуру тела лягушки

и изменяется вместе с температурой окружающей среды (рис. 5). К ним относятся все растения, грибы, протисты, беспозвоночные животные, рыбы, земноводные и пресмыкающиеся.

Гомойотермные организмы (от греч. *hómoios* — одинаковый, сходный, *thérmē* — тепло) — организмы, способные поддерживать относительно постоянную температуру тела при изменении температуры окружающей среды. К ним относятся птицы и млекопитающие (в том числе человек). Гомойотермные организмы способны сохранять активность в широком диапазоне температур. Пойкилотермные организмы впадают в оцепенение при низких температурах, а некоторые обитатели пустынь — и при высоких температурах.

Всегда ли гомойотермные организмы поддерживают постоянную температуру тела? Известно, что некоторые виды млекопитающих и птиц способны впадать в оцепенение, внешне сходное с холодовым оцепенением пойкилотермных животных. При этом температура их тела снижается практически до уровня температуры окружающей среды. Нерегулярное оцепенение наблюдается у ласточек, стрижей, многих грызунов, некоторых сумчатых в связи с резким похолоданием, дождями или снегопадами. Сезонное оцепенение, которое принято называть зимней спячкой, характерно для сурков, сусликов, ежей, летучих мышей, бурых медведей. Вышеназванные виды птиц и млекопитающих выделяют в отдельную группу *гетеротермных животных* (от греч. *héteros* — иной, другой, *thérmē* — тепло).

Адаптации растений к различным температурным условиям. Жизнедеятельность растений в значительной степени зависит от температуры окружающей среды. По потребности к количеству тепла их разделяют на три экологические группы: теплолюбивые, мезотермные и холодостойкие.

Правообладатель Народная асвета

Теплолюбивые растения произрастают в тропическом, субтропическом поясах и хорошо прогреваемых местообитаниях умеренного пояса. У теплолюбивых растений выработались адаптации к действию высоких температур. *Мезотермные* и *холодостойкие растения*, населяющие умеренный и холодный пояса, вынуждены адаптироваться к низким температурам. Все адаптации растений к температуре можно разделить на три типа: биохимические, физиологические и морфологические.

Биохимические адаптации. При высокой температуре в цитоплазме клеток теплолюбивых растений увеличивается содержание защитных веществ (органических кислот, солей, слизи). Они препятствуют свертыванию цитоплазмы и нейтрализуют токсичные вещества.

У холодостойких растений при низких температурах происходит накопление углеводов (в основном глюкозы) в клеточном соке, что снижает точку замерзания воды.

Физиологические адаптации. Эффективной защитой растений от перегрева служит усиленная транспирация (испарение воды) благодаря большому количеству устьиц.

У растений пустынь и степей короткий цикл развития позволяет избегать действия высоких температур. Вся вегетация у них происходит ранней весной. А летнюю жару они переживают в состоянии покоя. Однолетние растения, у которых состояние покоя проходит в виде семян, называют *эфемерами* (мак). Многолетники, переживающие неблагоприятный период в виде луковиц, клубней или корневищ, называют *эфемероидами* (тюльпан).

Крайней мерой в борьбе с холодом или жарой является переход растений в состояние анабиоза (обратимая приостановка жизненных процессов) вследствие обезвоживания. Например, мхи и лишайники могут длительное время находиться в таком состоянии.

Морфологические адаптации. Действие высоких температур на растения субтропического и тропического поясов снижается за счет усиления отражения солнечных лучей и уменьшения светопоглощающей поверхности.

Повышению отражения солнечного света способствует светлая окраска листьев, их блестящая или опушенная поверхность.

Уменьшение поглощения света достигается благодаря видоизменению листовых пластинок. Это могут быть колючки (кактусы) или мелкие (саксаул), рассеченные (пальмы), свернутые (ковыль) листья.

Противодействует перегреву растений вертикальное по отношению к солнечным лучам расположение листьев. Изменение угла их наклона может происходить при повороте листовой пластинки.

Правообладатель Народная асвета

Кедровый стланик

Растения-подушки

Рис. 6. Жизненные формы растений холодного климата

Адаптации у растений холодного климата проявляются в виде формирования карликовых жизненных форм (березы, ивы). Встречаются также стелющиеся (кедровый стланик, можжевельник туркестанский) и подушковидные (высокогорные и арктические растения-подушки) жизненные формы (рис. 6). Такие растения меньше подвержены воздействию ветра, лучше укрыты снегом зимой, полнее используют тепло почвы летом.

Адаптации животных к различным температурным условиям. Разнообразие адаптаций животных к неблагоприятным температурным условиям объясняется разными способами терморегуляции у пойкилотермных и гомойотермных организмов. Все адаптации животных по механизму действия разделяют на биохимические, физиологические, морфологические и поведенческие.

Биохимические адаптации. У пойкилотермных животных при переохлаждении происходит накопление «биологических антифризов» (веществ, понижающих точку замерзания воды) в жидкостях тела. Такими веществами у рыб являются гликопротеиды, у насекомых — глицерин, высокие концентрации глюкозы.

У арктических и антарктических рыб отмечается повышенное содержание ненасыщенных жирных кислот в составе жиров, что снижает температуру их затвердевания.

У гомойотермных организмов борьба с переохлаждением происходит за счет повышения интенсивности обмена веществ. У млекопитающих усиливается расщепление особой жировой ткани (бурого жира). Она богата митохондриями и пронизана многочисленными кровеносными сосудами.

Физиологические адаптации. У пойкилотермных организмов регуляция теплообмена происходит благодаря особенностям строения кровеносной системы.

Правообладатель Народная асвета

Большое значение для терморегуляции у пойкилотермных животных имеет наличие артериовенозных «теплообменников». Сосуды, выходящие из мышц, тесно соприкасаются с сосудами, идущими от кожи. Кровь кожи согревает кровь мышц, и в глубь тела она поступает теплой. Отдав свое тепло, охлажденная мышечная кровь вновь направляется к поверхности тела. При увеличении температуры окружающей среды у ящериц, например, увеличивается скорость тока крови по сосудам.

При высоких температурах как у пойкилотермных, так и у гомойотермных организмов теплоотдача усиливается за счет испарения влаги с поверхности тела (потоотделение). Влага может испаряться через слизистые оболочки ротовой полости и верхние дыхательные пути (тепловая одышка и др.).

В случае воздействия низких температур у животных может возникнуть мышечная дрожь. Они могут также впадать в спячку.

У млекопитающих с короткой и редкой шерстью важную роль в терморегуляции играют сосудистые реакции. Расширение или сужение мелких поверхностных сосудов кожи усиливает или снижает теплоотдачу.

Морфологические адаптации. Уменьшению потерь тепла у организмов способствуют теплоизолирующие покровы. Пресмыкающиеся имеют роговой покров, птицы — перьевой, млекопитающие — волосяной. Сохранению тепла способствует подкожный жир, особенно выраженный у обитателей холодного климата (ластоногие и китообразные).

Поведенческие адаптации. У пойкилотермных животных существует два типа поведенческих адаптаций. Это активный выбор мест с наиболее благоприятным температурным режимом и смена поз.

В первом случае насекомые, пресмыкающиеся и земноводные активно отыскивают освещенные солнцем места. Получив необходимое количество тепла, животные перемещаются в тень или прячутся в норах и поддерживают температуру за счет мышечных сокращений. У водных животных перемещение происходит между мелководными, хорошо прогреваемыми зонами и более глубоководными прохладными участками.

Смена поз позволяет изменять поверхность тела, прогреваемую солнечными лучами. Например, морские игуаны на Галапагосских островах рано утром или в пасмурную погоду принимают «распростертые» позы, всем телом прижимаясь к субстрату. Это обеспечивает максимальную поверхность обогрева солнцем. При перегреве они принимают «приподнятую» позу. Их грудь и передняя часть тела подняты над субстратом. Это уменьшает поверхность обогрева, и тело обдувается ветром.

Для гомойотермных животных также характерно адаптивное поведение. Оно проявляется в виде выбора мест для защиты от холода или жары, сезонных миграций. Животные могут зарываться в снег, образовывать тесные скопления особей для снижения энергозатрат на терморегуляцию и т. д.

Правообладатель Народная асвета

Температура может оказывать лимитирующее действие на организмы вследствие денатурации белков. Это приводит к потере активности ферментов и необратимому изменению коллоидных свойств цитоплазмы. В зависимости от способа терморегуляции организмы разделяют на пойкилотермные и гомойотермные. По отношению к разным температурным условиям среды у организмов выработались биохимические, физиологические, морфологические, а у животных еще и поведенческие адаптации.

1. В чем проявляется лимитирующее действие температуры на организмы? **2.** Приведите примеры морфологических адаптаций растений разных экологических групп к температуре. **3.** Охарактеризуйте температурные адаптации пойкилотермных и гомойотермных животных. **4.** Укажите, какие из перечисленных животных являются пойкилотермными: лягушка, заяц, кит, акула, змея, крокодил, лошадь, тритон. **5.** Установите соответствие между типами и примерами адаптаций растений к разным температурным условиям среды. *Типы адаптаций*: 1. Биохимические. 2. Физиологические. *Примеры адаптаций*: а) накопление углеводов в цитоплазме клеток холодостойких растений; б) наличие короткого цикла развития у растений пустынь и степей; в) переход в состояние анабиоза; г) усиленная транспирация за счет увеличения числа устьиц; д) увеличение содержания органических кислот, солей, слизи в цитоплазме клеток. **6.** Почему гомойотермные животные могут обитать в разных климатических зонах? Приведите аргументированные доказательства.

§ 7. Влажность как экологический фактор

Влажность как абиотический фактор среды. В наземных условиях влажность чаще других экологических факторов лимитирует рост и развитие организмов. Объясняется это тем, что вода играет большую роль в их жизни. Она является универсальным растворителем, средой для биохимических реакций в клетке. Молекулы воды могут непосредственно участвовать в реакциях как субстрат (гидролиз, фотосинтез). Являясь основным структурным компонентом клеток, вода обусловливает их тургор. У некоторых животных (круглые и кольчатые черви) она служит гидростатическим скелетом. Обладая высоким поверхностным натяжением, вода выполняет транспортную функцию (передвижение веществ) в организме. Благодаря высокой удельной теплоемкости, теплопроводности и теплоте парообразования вода обеспечивает поддержание теплового баланса в организме и предотвращает его перегрев. Она служит средой обитания для водных организмов.

Из курса географии вы уже знаете, как сильно различается увлажненность наземных местообитаний в разных географических зонах. Она зависит от годо-

Правообладатель Народная асвета

вого количества осадков. Имеет значение распределение их по временам года, запас почвенной влаги и грунтовых вод.

Недостаточная или избыточная увлажненность среды — главная экологическая проблема наземных обитателей. Степень увлажненности среды влияет на внешний облик и внутреннее строение организмов. В связи с этим выделяют различные экологические группы растений и животных.

Экологические группы растений по отношению к влаге и их адаптации. В наземной среде обеспеченность местообитаний водой и ее доступность весьма нестабильны. Выработка адаптаций к дефициту влаги — ведущее направление эволюции растений при освоении суши. По отношению к влаге принято делить все наземные растения на три экологические группы: гигрофиты, ксерофиты, мезофиты. Эти группы различаются между собой специфическими приспособлениями к водному режиму среды.

Гигрофиты (от греч. *hygrós* — влажный, *phytón* — растение) — растения, живущие на сильно увлажненных почвах и при высокой влажности воздуха. Представителями гигрофитов являются: пушица, рис, тростник, калужница болотная, многие осоки (рис. 7), папирус и др. Они встречаются во всех климатических зонах.

Гигрофиты имеют приспособления для интенсивной транспирации. У них тонкие листовые пластинки с постоянно открытыми устьицами. У некоторых растений есть специфические водяные устьица. Через них вода выделяется в капельно-жидком состоянии.

У гигрофитов слабо развиты механическая ткань, кутикула и эпидермис. В мезофилле листьев имеются крупные межклетники. У некоторых видов в корнях и стеблях возможно наличие *аэренхимы* (от греч. *аэ́r* — воздух, *énchyma* — ткань) — ткани, запасающей воздух (болотные гигрофиты). Слабо развита корневая система (корни тонкие, часто без корневых волосков). Гигро-

Калужница болотная

Осока острая

Рис. 7. Гигрофиты

Правообладатель Народная асвета

фиты не способны перенести даже небольшой недостаток влаги в почве и быстро увядают.

Ксерофиты (от греч. *xērόx* — сухой, *phytón* — растение) — растения, приспособившиеся к жизни в засушливых местах (степи, пустыни, полупустыни, саванны, высокогорья). Они способны длительно выдерживать недостаточное увлажнение.

У ксерофитов приспособленность к сухим местообитаниям связана с ограничением затрат воды на транспирацию. У одних представителей она сопровождается активным добыванием воды при ее недостатке в почве. А у других — способностью запасать воду в тканях и органах на время засухи. В зависимости от типа адаптаций выделяют две формы ксерофитов — суккуленты и склерофиты.

Суккуленты (от лат. *succulentus* — сочный) — многолетние растения, способные запасать воду в своих тканях и органах, а затем экономно ее расходовать. В зависимости от того, в каких органах запасается вода, различают три типа суккулентов: листовые, стеблевые (рис. 8) и корневые.

Листовые суккуленты накапливают воду в мясистых листьях. Из курса географии вы знаете, что листовые суккуленты встречаются в засушливых областях Центральной Америки (агава), Африки (алоэ). В наших широтах их можно встретить на сухих песчаных почвах (очиток, молодило). *Стеблевые суккуленты* имеют сильно развитые водозапасающие ткани в коре и сердцевине стебля. Они широко представлены в американских пустынях (кактусы) и засушливых областях Африки (молочаи). *Корневые суккуленты* запасают воду в тканях подземных частей растений. Растущее в Мексике невысокое дерево сейба мелколистная имеет на корнях вздутия диаметром до 30 см, в которых накапливается вода.

Суккуленты интенсивно всасывают воду поверхностными корнями и запасают ее в паренхиме вегетативных органов. Почвенная влага из глубоких слоев

Листовые (алоэ)

Стеблевые (кактусы)

Рис. 8. Суккуленты

Правообладатель Народная асвета

почвы для них недоступна. Эпидермис у этих растений покрыт мощной кутикулой. Часто имеется восковой налет или густое опушение. Немногочисленные устьица погруженного типа днем чаще всего закрыты. У стеблевых суккулентов листья редуцированы до колючек (кактусы). Функция фотосинтеза перешла к стеблю, который приобрел зеленый цвет.

Склерофиты (от греч. *sclērós* — твердый) — растения со сниженной транспирацией и способностью активно добывать воду при ее недостатке в почве — полынь, саксаул, бодяк, ковыль, чертополох (рис. 9). Они не запасают влагу на период засухи, а добывают ее и экономно расходуют. Обитают склерофиты преимущественно в степях и пустынях, засушливых местообитаниях умеренной зоны.

Склерофиты имеют сухие жесткие листья и стебли, покрытые толстой кутикулой. Из-за сильного развития механических тканей при водном дефиците у них не наблюдается увядания. Они могут переносить глубокое обезвоживание и без заметного ущерба терять 25—75 % водного запаса (гигрофиты вянут при потере 1—2 % воды).

В силу высокого осмотического давления клеточного сока у склерофитов развивается большая сосущая сила, поэтому их называют «растениями-насосами». Корни склерофитов уходят глубоко в землю (у верблюжьей колючки длина главного корня достигает 15 м). Некоторые представители образуют разветвленную поверхностную корневую систему (степные злаки).

В периоды засух транспирация уменьшается за счет ряда морфологических адаптаций. *Во-первых*, у склерофитов мелкие, часто в виде игл или колючек, листья. Они имеют восковой налет или опушение и устьица погруженного типа. *Во-вторых*, клетки склерофитов способны удерживать воду благодаря высокой вязкости цитоплазмы.

Ковыль

Чертополох

Рис. 9. Склерофиты

Правообладатель Народная асвета

Мезофиты (от греч. *mesós* — средний) — растения, обитающие в условиях умеренного увлажнения. Они способны переносить кратковременный недостаток влаги. К ним относится большинство лиственных древесных растений. Мезофитами являются луговые и многие лесные травы, злаки, сорняки, почти все культурные растения умеренной зоны. Это наиболее распространенная экологическая группа растений.

По сравнению с гигрофитами и ксерофитами мезофиты имеют адаптивные признаки промежуточного характера. У них умеренно развита корневая система. На корнях имеются корневые волоски, в листьях — небольшое количество устьиц. В зависимости от обеспеченности влагой устьица могут в любое время открываться или закрываться.

В семенах у мезофитов, обитающих в степях и пустынях, содержится ингибитор (замедлитель) прорастания. Он вымывается лишь при количестве осадков, достаточном для вегетации. Такое приспособление предотвращает прорастание семян и гибель проростков в период засухи.

Адаптации животных к различному водному режиму. Сухопутные животные для восполнения потери воды вследствие выделения и испарения нуждаются в периодическом ее потреблении. В зависимости от водного режима у них выработались разные типы адаптаций: физиологические, морфологические и поведенческие.

К ***физиологическим адаптациям*** относятся особенности процессов жизнедеятельности, восполняющие дефицит влаги в организме. Например, млекопитающие пьют воду, земноводные поглощают ее кожными покровами. Мелкие животные пустынь (грызуны, пресмыкающиеся, членистоногие) добывают воду, поедая растения с сочными побегами.

Есть животные, которые могут получать воду за счет окисления жиров (окисление 100 г жира дает 105 г воды). Поэтому обильные отложения жира — горб верблюда, курдюк овцы — служат своеобразными резервуарами химически связанной воды.

К ***морфологическим адаптациям*** относятся приспособления, задерживающие воду в теле животных. Насекомые и паукообразные имеют многослойную хитинизированную кутикулу. У пресмыкающихся есть роговой покров тела (роговые чешуи и пластинки). У наземных моллюсков — раковины. У птиц тело покрыто перьями, а у млекопитающих — шерстью.

Поведенческие адаптации заключаются в том, что большинство животных активны в поисках воды. Они периодически посещают места водопоя. Порой им приходится мигрировать на сухой период в районы с большей влажностью. Способность совершать далекие миграции к водопою характерна для антилоп,

Правообладатель Народная асвета

сайгаков, куланов. Некоторые животные в сухой период переходят на ночной образ жизни или впадают в летнюю спячку (суслики, сурки, черепахи).

Вода влияет на скорость обмена веществ, участвует в терморегуляции, выполняет транспортную функцию в организме. По отношению к увлажненности среды обитания выделяют экологические группы наземных растений: гигрофиты, ксерофиты (суккуленты, склерофиты), мезофиты. Животные для регуляции водного баланса выработали физиологические, морфологические и поведенческие адаптации.

1. Какие экологические группы растений выделяют по отношению к влаге? **2.** Охарактеризуйте адаптации гигрофитов. Назовите их представителей. **3.** Какие общие и отличительные черты строения имеют суккуленты и склерофиты? **4.** Какие типы адаптаций к различному водному режиму выработались у животных? **5.** Установите соответствие между экологическими группами растений по отношению к влаге и их представителями. *Экологические группы*: 1. Гигрофиты. 2. Ксерофиты. 3. Мезофиты. *Представители*: а) тростник; б) полынь; в) очиток; г) ковыль; д) кактус; е) чертополох; ж) калужница болотная; з) одуванчик; и) папирус; к) мать-и-мачеха. **6.** Почему букет из цветков калужницы болотной быстро увядает, а хризантемы стоят долго? Почему у сосны обыкновенной, растущей на песчаной почве, корень уходит глубоко в почву, а у растущей на болоте — корневая система поверхностная? Почему в степях массовое цветение растений начинается очень рано (февраль — март) и быстро прекращается? Дайте аргументированные ответы.

§ 8. Понятие о среде жизни. Водная среда

Вам уже известны такие понятия, как «среда обитания» и «среда жизни». Необходимо научиться их различать. Понятие «среда обитания» рассматривалось в § 2. Что же такое «среда жизни»?

Среда жизни — часть природы с особым комплексом факторов, для существования в которой у разных систематических групп организмов сформировались сходные адаптации.

На Земле можно выделить четыре основные среды жизни: водную, наземно-воздушную, почвенную, живой организм.

Водная среда. Водная среда жизни характеризуется высокой плотностью, особыми температурным, световым, газовым и солевым режимами. Организмы, обитающие в водной среде, называются **гидробионтами** (от греч. *hýdōr* — вода, *bíos* — жизнь).

Температурный режим водной среды. В воде температура изменяется в меньшей степени, чем на суше, из-за высокой удельной теплоемкости и теплопроводности воды. Повышение температуры воздуха на 10 °С вызывает повы-

Правообладатель Народная асвета

шение температуры воды на 1 °С. С глубиной температура постепенно снижается. На больших глубинах температурный режим относительно постоянен (не выше +4 °С). В верхних слоях наблюдаются суточные и сезонные колебания (от 0 до +36 °С). Поскольку в водной среде температура изменяется в узком диапазоне, то для большинства гидробионтов требуется стабильная температура. Для них губительны даже небольшие отклонения температуры, вызванные, например, сбросом предприятиями теплых сточных вод. Гидробионты, способные существовать при больших колебаниях температуры, встречаются только в мелких водоемах. Из-за небольшого объема воды в этих водоемах наблюдаются значительные суточные и сезонные перепады температуры.

Световой режим водной среды. Света в воде меньше, чем в воздухе. Часть солнечных лучей отражается от ее поверхности, а часть поглощается толщей воды.

День под водой короче, чем на суше. Летом на глубине 30 м он составляет 5 ч, а на глубине 40 м — 15 мин. Быстрое убывание света с глубиной связано с его поглощением водой.

Граница зоны фотосинтеза в морях находится на глубине около 200 м. В реках она колеблется от 1,0 до 1,5 м и зависит от прозрачности воды. Прозрачность воды в реках и озерах сильно снижается из-за загрязнения взвешенными частицами. На глубине более 1500 м свет практически отсутствует.

Газовый режим водной среды. В водной среде содержание кислорода в 20—30 раз меньше, чем в воздухе, поэтому он является лимитирующим фактором. Кислород поступает в воду за счет фотосинтеза водных растений и способности кислорода воздуха растворяться в воде. При перемешивании воды содержание кислорода в ней возрастает. Верхние слои воды богаче кислородом, чем нижние. При дефиците кислорода наблюдаются заморы (массовая гибель водных организмов). Зимние заморы бывают, когда водоемы покрываются льдом. Летние — когда из-за высокой температуры воды уменьшается растворимость кислорода. Причиной может быть и повышение концентрации токсичных газов (метана, сероводорода), образующихся при разложении отмерших организмов без доступа кислорода. Из-за непостоянства концентрации кислорода большинство водных организмов по отношению к нему являются эврибионтами. Но есть и стенобионты (форель, планария, личинки поденок и ручейников), которые не переносят недостатка кислорода. Они являются индикаторами чистоты воды. Углекислый газ растворяется в воде в 35 раз лучше кислорода, и его концентрация в ней в 700 раз выше, чем в воздухе. В воде CO_2 накапливается благодаря дыханию водных организмов, разложению органических остатков. Углекислый газ обеспечивает фотосинтез и используется при образовании известковых скелетов беспозвоночных.

Правообладатель Народная асвета

Таблица 2. **Соленость природных вод**

Тип природных вод	Содержание солей, г/л
Пресные воды	менее 0,5
Солоноватые воды	0,5—16
Соленые воды	более 16

Солевой режим водной среды. Соленость воды играет важную роль в жизни гидробионтов. Природные воды по содержанию солей разделяют на группы, представленные в таблице 2.

В Мировом океане соленость составляет в среднем 35 г/л. Самое высокое содержание солей в соленых озерах (до 370 г/л). Типичные обитатели пресных и соленых вод являются стенобионтами. Они не переносят колебаний солености воды. Эврибионтов сравнительно немного (лещ, судак, щука, угорь, колюшка, лосось и др.). Они могут жить как в пресной, так и в соленой воде.

Адаптации растений к жизни в воде. Все растения водной среды называются ***гидрофитами*** (от греч. *hýdōr* — вода, *phytón* — растение). В соленых водах обитают только водоросли. Тело у них не разделено на ткани и органы. К изменению состава солнечного спектра в зависимости от глубины водоросли приспособились путем изменения состава своих пигментов. При переходе от верхних слоев воды к глубинным окраска водорослей изменяется в последовательности: зеленые → бурые → красные (самые глубоководные водоросли).

Зеленые водоросли содержат зеленый, оранжевый и желтый пигменты. Они способны к фотосинтезу при достаточно высокой интенсивности солнечного света. Поэтому обитают зеленые водоросли в мелких пресных водоемах или на морском мелководье. К ним относятся: спирогира, улотрикс, ульва и др. У бурых водорослей, помимо зеленого, содержатся бурый и желтый пигменты. Они способны улавливать менее интенсивное солнечное излучение на глубине 40—100 м. Представителями бурых водорослей являются фукус и ламинария, обитающие только в морях. Красные водоросли (порфира, филлофора) могут жить на глубине более 200 м. Кроме зеленого, они имеют красный и синий пигменты, способные улавливать даже незначительный свет на большой глубине. С особенностями строения и размножения водорослей вы ознакомились в курсе биологии 7-го класса.

В пресных водоемах в стеблях высших растений слабо развита механическая ткань. Например, если извлечь из воды кувшинку белую или кубышку желтую, то их стебли поникают и не способны поддерживать цветки в вертикальном положении. Опорой для них служит вода за счет ее высокой плотности. Адаптацией к недостатку кислорода в воде является наличие в органах растений аэренхимы (воздухоносной ткани). Минеральные вещества находятся в воде, поэтому слабо развиты проводящая и корневая системы. Корни могут вообще отсутствовать (ряска, элодея, рдест) либо служить для закрепления в субстрате (рогоз, стрелолист, частуха). Корневых волосков на корнях нет. Листья чаще тонкие и длинные либо сильно рассеченные. Мезофилл не дифференцирован. Устьица у плавающих листьев находятся на верхней стороне, а у погруженных в воду — отсутствуют.

Правообладатель Народная асвета

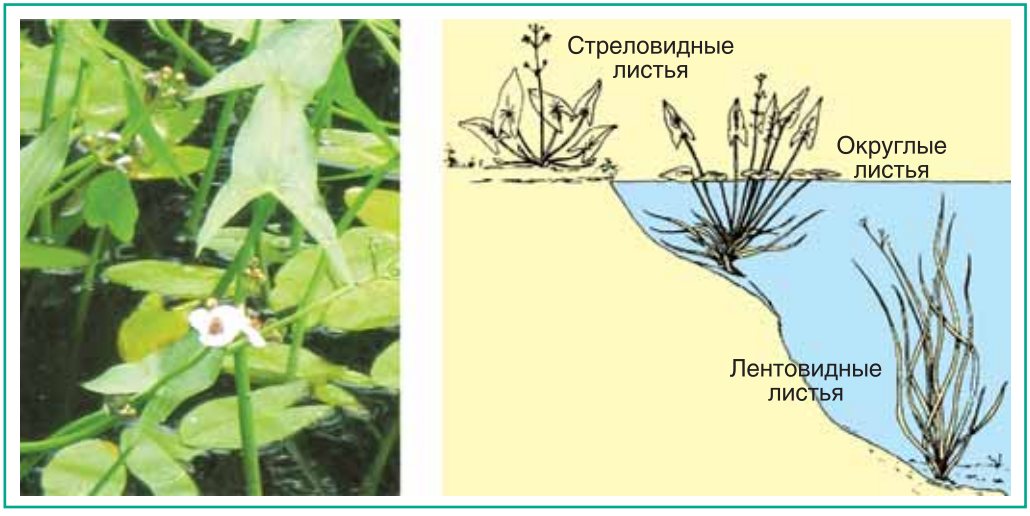


Рис. 10. Морфологическое разнообразие листьев у стрелолиста, растущего на суше, частично или полностью погруженного в воду

Для некоторых растений характерно наличие листьев разной формы (гетерофилия) в зависимости от того, где они находятся. У кувшинки и стрелолиста форма листьев в воде и на воздухе разная (рис. 10).

Пыльца, плоды и семена водных растений приспособлены к распространению водой. Они имеют пробковые выросты или прочные оболочки, предотвращающие попадание воды внутрь и загнивание.

Адаптации животных к жизни в воде. В водной среде животный мир более богат, чем растительный. Благодаря независимости от солнечного света животные заселили всю толщу воды. По типу морфологических и поведенческих адаптаций их разделяют на следующие экологические группы: планктон, нектон, бентос.

Планктон (от греч. *planktós* — парящий, блуждающий) — организмы, обитающие в толще воды и передвигающиеся под действием ее тока (рис. 11, с. 36). Это мелкие ракообразные, кишечнополостные, личинки некоторых беспозвоночных. Все их адаптации направлены на повышение плавучести тела:

1) увеличение поверхности тела за счет сплющивания и удлинения формы, развития выростов и щетинок;

2) уменьшение плотности тела в связи с редукцией скелета, наличием жировых капель, пузырьков воздуха, слизистых чехлов.

Нектон (от греч. *nektós* — плавающий) — организмы, обитающие в толще воды и ведущие активный образ жизни. Представителями нектона являются рыбы, китообразные, ластоногие, головоногие моллюски (рис. 12, с. 36). Про-

Правообладатель Народная асвета

Рис. 11. Представители планктона

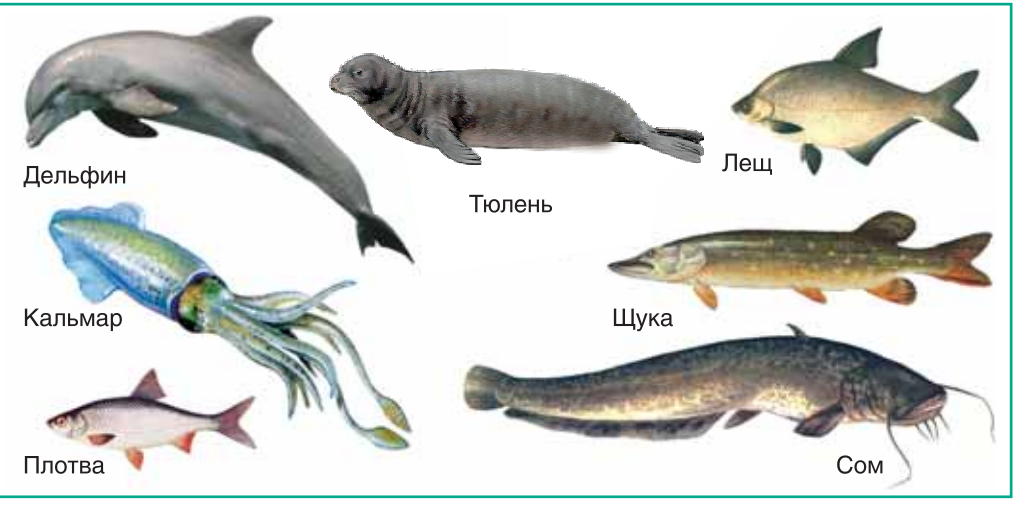


Рис. 12. Представители нектона

Правообладатель Народная асвета

тивостоять течению им помогают адаптации к активному плаванию и уменьшению трения тела. Активное плавание достигается за счет хорошо развитой мускулатуры. При этом могут использоваться энергия выбрасываемой струи воды, изгибание тела, плавники, ласты и т. д. Уменьшению трения тела способствуют адаптации: обтекаемая форма тела, эластичность кожных покровов, наличие на коже чешуи и слизи.

Бентос (от греч. *bénthos* — глубина) — организмы, обитающие на дне водоема или в толще донного грунта (рис. 13).

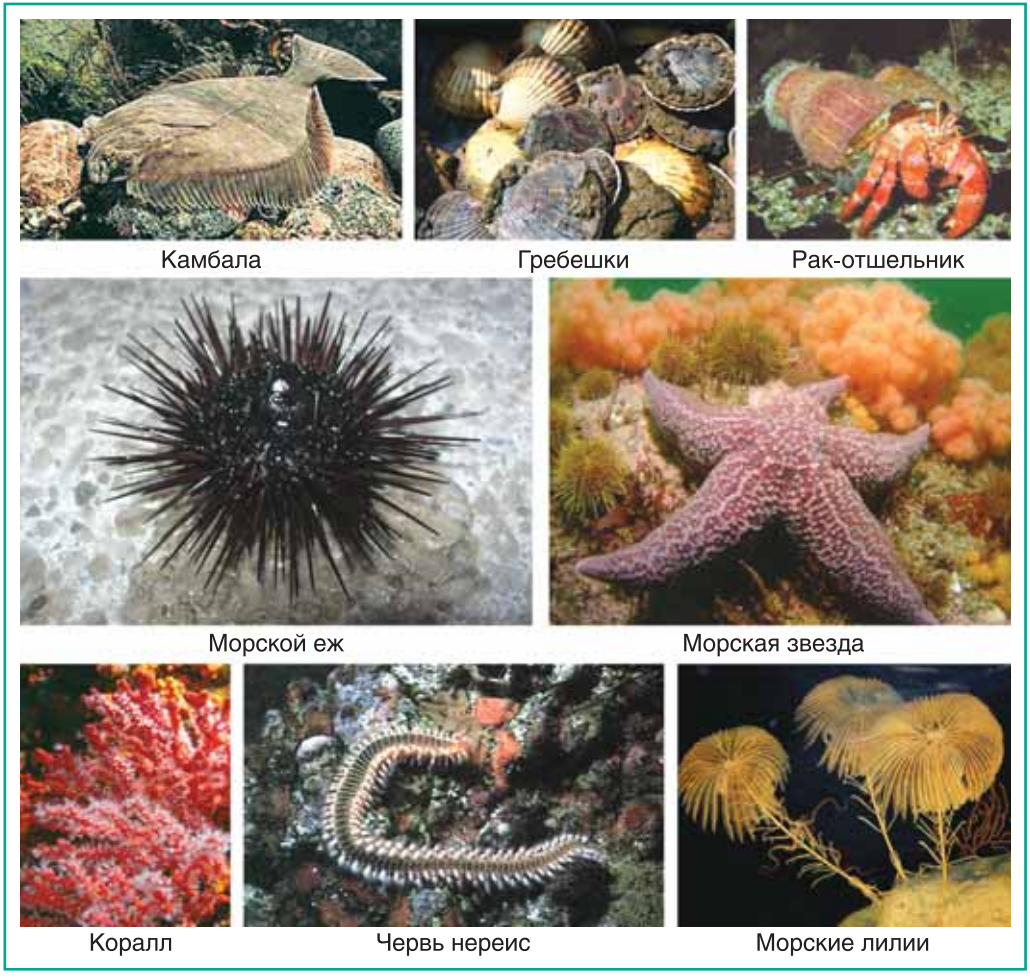


Рис. 13. Представители бентоса

Правообладатель Народная асвета

Рис. 14. Представители нейстона

Адаптации бентосных организмов направлены на уменьшение плавучести:

1) утяжеление тела за счет раковин (моллюски), хитинизированных покровов (раки, крабы, омары, лангусты);

2) закрепление на дне с помощью органов фиксации (присоски у пиявок, крючки у личинок ручейника) или уплощенного тела (скаты, камбала). Некоторые представители зарываются в грунт (многощетинковые черви).

В озерах и прудах выделяют еще одну экологическую группу организмов — нейстон. *Нейстон* — организмы, связанные с поверхностной пленкой воды и обитающие постоянно или временно на этой пленке или до 5 см в глубь от ее поверхности (рис. 14). Их тело не смачивается, поскольку его плотность меньше плотности воды. Особым образом устроенные конечности позволяют передвигаться по поверхности воды, не погружаясь (клопы водомерки, жуки вертячки). Своеобразной группой водных организмов является также *перифитон* — организмы, образующие на подводных объектах пленку обрастания. Представителями перифитона являются: водоросли, бактерии, протисты, ракообразные, двустворчатые моллюски, малощетинковые черви, мшанки, губки.

На планете Земля выделяют четыре основные среды жизни: водную, наземно-воздушную, почвенную и живой организм. В водной среде лимитирующим фактором является кислород. По характеру адаптаций водных обитателей разделяют на экологические группы: планктон, нектон, бентос.

Правообладатель Народная асвета

1. Дайте определение понятия «среда жизни». Какие среды жизни можно выделить на планете Земля? **2.** Охарактеризуйте особенности водной среды жизни. **3.** Укажите источники кислорода и углекислого газа в воде. Содержание какого из газов является лимитирующим фактором? **4.** Укажите, какие из перечисленных ниже растений являются гидрофитами: пушица, стрелолист, элодея, осока, кувшинка, рис, ряска, папирус. **5.** Установите соответствие между экологическими группами водных обитателей и их представителями. *Экологические группы*: 1. Планктон. 2. Нектон. 3. Бентос. *Представители*: а) щука; б) медуза; в) камбала; г) осьминог; д) краб; е) дафния; ж) рак-отшельник. **6.** Назовите причины зимних и летних заморов рыб. Составьте план мероприятий, позволяющих их предотвратить.

§ 9. Наземно-воздушная и почвенная среды жизни

Газовый режим наземно-воздушной среды. Отличительной особенностью наземно-воздушной среды является наличие в ней воздуха (смеси различных газов).

Воздух обладает низкой плотностью, поэтому не может выполнять функцию опоры для организмов (за исключением летающих). Именно низкая плотность воздуха определяет его незначительное сопротивление при передвижении организмов по поверхности почвы. В то же время она затрудняет их перемещение в вертикальном направлении. Низкая плотность воздуха обусловливает также низкое давление на суше (760 мм рт. ст. = 1 атм). Воздух меньше, чем вода, препятствует проникновению солнечного света. Он имеет более высокую прозрачность, чем вода.

Газовый состав воздуха постоянен (об этом вы знаете из курса географии). Кислород и углекислый газ, как правило, не являются лимитирующими факторами. В качестве примесей в воздухе присутствуют водяные пары и различные загрязнители.

За последнее столетие в результате хозяйственной деятельности человека в атмосфере резко повысилось содержание различных загрязнителей. Среди них наиболее опасными являются: оксиды азота и серы, аммиак, формальдегид, тяжелые металлы, углеводороды и др. Ныне живущие организмы практически не приспособлены к ним. По этой причине загрязнение атмосферы является серьезной глобальной экологической проблемой. Для ее решения требуется осуществление природоохранных мероприятий на уровне всех государств Земли.

Воздушные массы перемещаются в горизонтальном и вертикальном направлениях. Это приводит к появлению такого экологического фактора, как ветер. ***Ветер*** может вызывать перемещение песков в пустынях (песчаные бури). Он

Правообладатель Народная асвета

Рис. 15. Кедр с флаговой кроной, расположенной в соответствии с преимущественным направлением ветров

способен выдувать почвенные частицы на любом рельефе, снижая плодородие земель (ветровая эрозия). Ветер оказывает механическое воздействие на растения. Он способен вызывать ветровалы (выворачивание деревьев с корнями), буреломы (переломы стволов деревьев), деформацию кроны деревьев (рис. 15). Перемещение воздушных масс существенно влияет на распределение осадков и температурный режим в наземно-воздушной среде.

Водный режим наземно-воздушной среды. Из курса географии вы знаете, что наземно-воздушная среда может быть как предельно насыщена влагой (тропики), так и очень бедна ею (пустыни). Осадки распределяются неравномерно как по сезонам, так и по географическим зонам. Влажность в среде колеблется в широком диапазоне. Она является основным лимитирующим фактором для живых организмов.

Температурный режим наземно-воздушной среды. Температура в наземно-воздушной среде имеет суточную и сезонную периодичность. Организмы адаптировались к ней с момента выхода жизни на сушу. Поэтому температура реже, чем влажность, проявляет себя как лимитирующий фактор.

Адаптации растений и животных к жизни в наземно-воздушной среде. С выходом растений на сушу у них появились ткани. Строение тканей растений вы изучали в курсе биологии 7-го класса. В связи с тем что воздух не может служить надежной опорой, у растений возникли механические ткани (древесные и лубяные волокна). Широкий диапазон изменения климатических факторов стал причиной формирования плотных покровных тканей — перидермы, корки. Благодаря подвижности воздуха (ветру) у растений сформировались приспособления к опылению, распространению спор, плодов и семян. С их разнообразием вы также познакомились в 7-м классе при изучении высших растений.

Правообладатель Народная асвета

Жизнь животных во взвешенном состоянии в воздухе невозможна из-за его низкой плотности. Многие из видов (насекомые, птицы) приспособились к активному полету и могут длительно пребывать в воздухе. Но их размножение происходит на поверхности почвы.

Перемещение воздушных масс в горизонтальном и вертикальном направлениях используется некоторыми мелкими организмами для пассивного расселения. Таким способом расселяются протисты, пауки, насекомые. Низкая плотность воздуха стала причиной совершенствования у животных в процессе эволюции наружного (членистоногие) и внутреннего (позвоночные) скелетов. По этой же причине имеет место ограничение предельной массы и размеров тела наземных животных. Самое крупное животное суши — слон (масса до 5 т) гораздо меньше морского гиганта — синего кита (до 150 т). Благодаря появлению разных типов конечностей млекопитающие смогли заселить разнообразные по характеру рельефа участки суши.

Общая характеристика почвы как среды жизни. Почва — верхний слой земной коры, обладающий плодородием. Она образовалась в результате взаимодействия климатических и биологических факторов с подстилающей породой (песок, глина и т. д.). Почва контактирует с воздушной средой и выполняет функцию опоры для наземных организмов. Она является также источником минерального питания для растений. В то же время почва — среда жизни для многих видов организмов. Для почвы характерны следующие свойства: плотность, влажность, температурный режим, аэрация (обеспечение воздухом), реакция среды (pH), засоленность.

Плотность почвы увеличивается с глубиной. Влажность, температура и аэрация почвы тесно взаимосвязаны и взаимозависимы. Температурные колебания в почве сглажены по сравнению с приземным воздухом и на глубине 1—1,5 м уже не прослеживаются. Хорошо увлажненные почвы медленно прогреваются и медленно остывают. Повышение влажности и температуры почвы ухудшает ее аэрацию, и наоборот. Гидротермический режим почвы и ее аэрация зависят от структуры почвы. Глинистые почвы по сравнению с песчаными сильнее удерживают влагу. Но они хуже аэрируются и хуже прогреваются. По реакции среды почвы разделяются на три вида: кислые ($pH < 7{,}0$), нейтральные ($pH \approx 7{,}0$) и щелочные ($pH > 7{,}0$).

Адаптации растений и животных к жизни в почве. Почва в жизни растений выполняет функции закрепления, водоснабжения, источника минерального питания. Концентрация питательных веществ в почве привела к развитию у растений корневой системы и проводящих тканей.

Животные, обитающие в почве, имеют ряд адаптаций. Для них характерны разные способы передвижения в почве. Это может быть рытье ходов и нор,

Правообладатель Народная асвета

Рис. 16. Обитатели почвы

как у медведки и крота (рис. 16). Дождевые черви могут раздвигать почвенные частицы и прокладывать ходы. Личинки насекомых способны ползать среди почвенных частиц. В связи с этим в процессе эволюции выработались соответствующие адаптации. У землеройющих организмов появились копательные конечности. У кольчатых червей имеется гидростатический скелет, а у насекомых и многоножек — коготки.

Почвенные животные имеют короткое компактное тело с ненамокающими покровами (млекопитающие) или покрытое слизью. Жизнь в почве как среде обитания привела к атрофии или недоразвитию органов зрения. У крота крошечные, недоразвитые глаза часто скрыты под складкой кожи. Для облегчения перемещения в узких почвенных ходах шерсть у кротов приобрела способность укладываться в двух направлениях.

В наземно-воздушной среде организмы окружены воздухом. Он имеет низкую влажность, плотность и давление, высокую прозрачность и содержание кислорода. Влажность является основным лимитирующим фактором. Почва как среда жизни характеризуется высокой плотностью, определенным гидротермическим режимом, аэрацией. У растений и животных к жизни в наземно-воздушной и почвенной средах выработались разнообразные адаптации.

1. Охарактеризуйте свойства воздуха как компонента наземно-воздушной среды. **2.** Какие факторы наземно-воздушной среды являются лимитирующими? Почему? **3.** Перечислите особенности почвы как среды жизни. **4.** Почему после обильного дождя на поверхности почвы можно увидеть много дождевых червей? **5.** Установите соответствие между обитателями почвы и их адаптациями для передвижения. *Обитатели почвы*: 1. Крот. 2. Личинки насекомых. 3. Дождевой червь. 4. Медведка. 5. Многоножки. *Адаптации*: а) коготки; б) копательные конечности; в) гидростатический скелет. **6.** Обоснуйте появление у растений тканей в связи с выходом в наземно-воздушную среду.

Правообладатель Народная асвета

§ 10. Живой организм как среда жизни

Характерные особенности организма как среды жизни. Относительное постоянство внутренней среды одного организма — хозяина — дает возможность использовать его тело другими организмами — сожителями — в качестве среды жизни. ***Хозяин*** — организм, являющийся средой жизни для других организмов. ***Сожитель*** — организм, поселяющийся на поверхности или внутри тела другого организма. Сожитель может быть для хозяина нейтральным (мальки рыб в кишечной полости морских кишечнополостных животных). Он может приносить ему пользу, снабжая питательными веществами (азотфиксирующие клубеньковые бактерии и бобовые растения). Но он может причинять хозяину вред, используя его питательные вещества (аскарида человеческая и человек).

Сожителей больше всего среди микроорганизмов. К ним относятся некоторые представители бактерий, грибов, протистов (дизентерийная амеба, трихомонада). Из многоклеточных организмов сожителями являются плоские и круглые черви, некоторые насекомые, имеющие упрощенное строение. Все вирусы также можно считать сожителями, так как они проявляют жизнедеятельность только в другом организме.

Наиболее часто в природе встречаются взаимоотношения, когда сожитель живет за счет хозяина и угнетает его жизнедеятельность. Эти взаимоотношения называются ***паразитизмом*** (от греч. *parásitos* — нахлебник), а сожители — ***паразитами.*** Академик Е. Н. Павловский дал им следующее определение: «Паразитами называют животных, которые живут за счет особей другого вида, будучи тесно связаны с ними в своем жизненном цикле на большем или меньшем его протяжении».

Попав во внутреннюю среду хозяина, организм-паразит получает ряд преимуществ:

1) обилие легко доступной для усвоения пищи, не требующей перестройки процессов пищеварения. Например, клеточный сок растений, кровь животных, содержимое их пищеварительного тракта, уже подвергнутое ферментативной обработке;

2) защищенность от непосредственного воздействия абиотических и биотических факторов внешней среды. Все взаимодействия со сложными и изменяющимися окружающими условиями и врагами берет на себя организм хозяина;

3) относительная стабильность условий существования. Внутренняя среда организма по ряду физико-химических факторов имеет высокую степень постоянства.

Правообладатель Народная асвета

В то же время организм как среда жизни создает для паразитов некоторые экологические трудности:

1) ограниченность среды во времени и пространстве;

2) трудность распространения от одной особи хозяина к другой;

3) сложности в обеспечении кислородом;

4) защитные реакции организма хозяина.

Как преимущества, так и экологические трудности жизни в другом организме явились причиной формирования у паразитов разнообразных адаптаций. Они позволяют паразитическим организмам эффективно размножаться и процветать, живя в другом организме.

Адаптации к жизни в другом организме. Паразиты могут поселяться на поверхности тела хозяина в случае *эктопаразитизма* (вши, блохи, клещи, клопы) или внутри него в случае *эндопаразитизма* (малярийный плазмодий, аскарида, власоглав, бычий цепень). У эктопаразитов большая часть тела находится вне хозяина (в контакте с окружающей средой) и лишь органы питания внедряются в его живые ткани. У эндопаразитов в процессе эволюции выработался ряд приспособлений к жизни в другом организме.

1. *Малые размеры тела*. Ограниченность размеров среды обитания паразитов компенсируется малыми размерами их тела. Паразит всегда меньше хозяина (аскарида и человек; фитофтора и томаты; трихомонада и человек). Это позволяет паразиту поселиться в организме хозяина и питаться за его счет, не вызывая быстрой гибели.

2. *Упрощение внешнего и внутреннего строения*. Так как условия обитания паразитов постоянны и оптимальны, у них нет необходимости иметь сложное строение и вырабатывать сложные механизмы адаптации. В связи с этим происходит упрощение или редукция отдельных систем органов. Кроме того, появляется возможность экономии энергии на процессы размножения, не связанные с поддержанием жизнедеятельности.

Ограниченность размеров среды обитания паразитов явилась причиной упрощения их внешнего строения. Например, на теле паразитических червей отсутствуют органы передвижения. Они малоподвижны. У отдельных представителей имеются лишь органы фиксации, позволяющие закрепиться в организме хозяина (кутикулярные крючки, присоски).

Обилие легко доступной пищи привело к упрощению системы пищеварения у паразитов. Например, у печеночного сосальщика пищеварительная система упрощена, а у бычьего цепня и вовсе утрачена. Всасывание питательных веществ у ленточных червей происходит всей поверхностью тела.

У паразитических растений питание соками хозяина привело к редукции системы фотосинтеза и утрате хлорофилла. У них также произошло упрощение строе-

Правообладатель Народная асвета

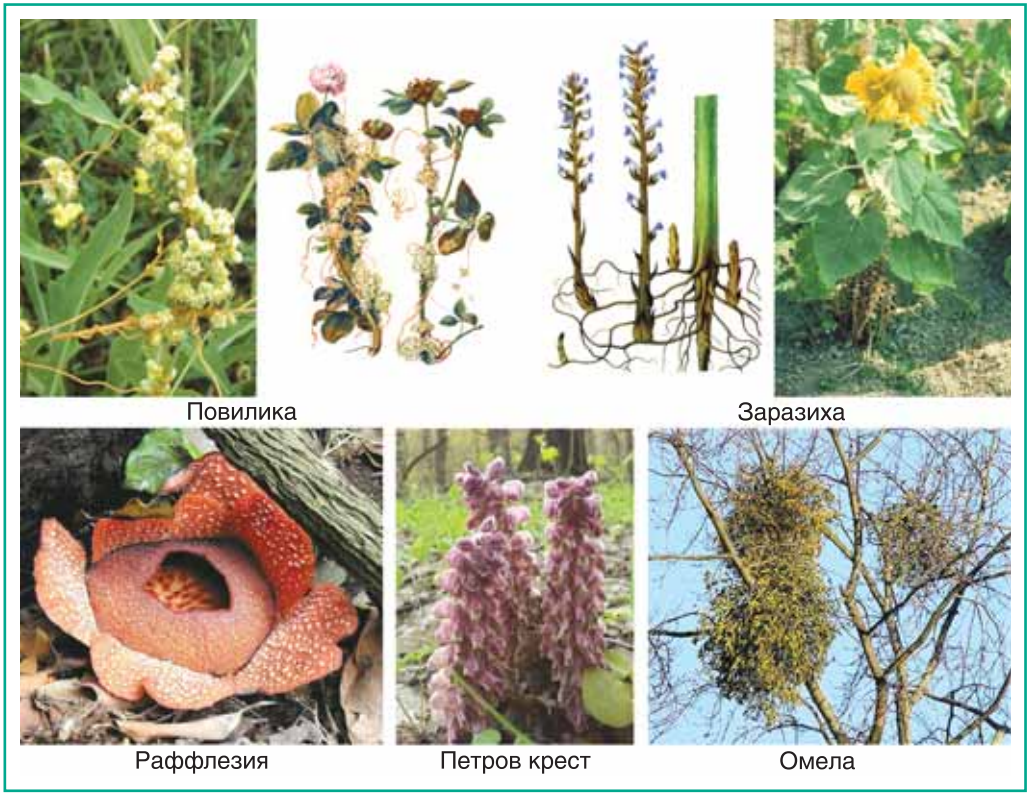


Рис. 17. Растения-паразиты и полупаразиты

ния или полная потеря вегетативных органов — корня, стебля, листа. Среди растений встречаются полные паразиты и полупаразиты. Паразиты не содержат хлорофилла, например повилика, заразиха, раффлезия, петров крест. Полупаразиты (омела) имеют хлоропласты и берут от растения только минеральные вещества (рис. 17).

Растения-паразиты не защищены от непосредственного воздействия внешних факторов. Для них, как и для животных-эктопаразитов, понятие «живой организм как среда обитания» имеет крайне ограниченное применение. Они существуют одновременно в двух средах (другой организм и воздушная среда).

Сложности в обеспечении кислородом привели у паразитов к редукции дыхательной системы и переходу к анаэробному дыханию (брожению). Так как их энергетические затраты невелики, а запасы пищи неиссякаемы, то такой способ дыхания оправдан.

Правообладатель Народная асвета

В отличие от свободноживущих организмов, взаимодействующих с окружающей средой, паразиты переложили тяжесть регуляции отношений со средой на хозяина. Это привело к упрощению строения их нервной системы и редукции органов чувств. Отпала и необходимость выработки приспособлений для активной и пассивной защиты от врагов.

3. *Защитные покровы тела.* Большинство паразитов обитает в пищеварительном тракте хозяина и подвержено воздействию ферментов пищеварительных соков. Для защиты от переваривания у них сформировались специфические покровы тела. Например, у сосальщиков тело покрыто слоем слизи, а у аскариды человеческой на поверхности тела имеется многослойная кутикула.

4. *Высокая плодовитость.* Трудности в распространении у паразитов компенсируются повышением способности к размножению. Высокая плодовитость у паразитов получила название «закона большого числа яиц».

Например, человеческая аскарида за сутки способна отложить 250 тыс. яиц, а за 5—6 месяцев половой зрелости — 50—60 млн яиц. Их масса в 1700 раз превосходит массу самки.

Интенсивное развитие половой системы обеспечивает высокие репродуктивные возможности вида. Этому также способствуют *партеногенез* (развитие без оплодотворения), *полиэмбриония* (из одного яйца появляется много зародышей), *бесполое размножение* (самки рождают только самок). Возникновение *гермафродитизма* (совмещение в одном организме мужской и женской половых систем) является своего рода двойной гарантией успешного оплодотворения и получения потомства.

Партеногенез встречается у пчел, муравьев, тлей, дафний, коловраток, некоторых видов змей и ящериц. Полиэмбриония — это своего рода вегетативное размножение на стадии зиготы. Она встречается у животных различных систематических групп: мшанок, дождевых червей, некоторых видов насекомых, морских ежей, броненосцев и человека (однояйцевые близнецы). Естественный гермафродитизм распространен преимущественно среди беспозвоночных. Он встречается у червей, гидр, моллюсков, ракообразных (усоногих раков) и насекомых (кокциды). Среди позвоночных гермафродитами являются многие виды рыб, населяющих коралловые рифы.

Защита оплодотворенных яиц многослойными оболочками и обеспечение зародыша питанием повышают выживаемость потомства. Развитие приспособлений для выхода личинок из яйца и тела хозяина во внешнюю среду и их проникновение в организм нового хозяина способствуют расселению.

5. *Смена хозяев в жизненном цикле.* У паразитов, как правило, в жизненном цикле наблюдается смена хозяев. Благодаря этому не допускается скопление в одном организме-хозяине большого количества паразитов, что могло бы привести к его гибели.

Правообладатель Народная асвета

Взаимоотношения, когда один организм (паразит) живет за счет другого (хозяина), называются паразитизмом. Паразит, использующий хозяина как среду жизни, получает ряд преимуществ, но при этом испытывает экологические трудности. Основные адаптации к паразитизму: малые размеры тела, упрощение внешнего и внутреннего строения, защитные покровы тела, высокая плодовитость, смена хозяев в жизненном цикле.

1. Какое влияние может оказывать сожитель на своего хозяина? **2.** Какие взаимоотношения между организмами называются паразитизмом? **3.** Перечислите преимущества организма как среды жизни. **4.** Какие экологические трудности для обитателей создает организм как среда жизни? **5.** Назовите основные адаптации организмов к жизни в другом организме. **6.** Установите соответствие между группами паразитов и их представителями. *Группы*: 1. Паразиты растений. 2. Паразиты животных. *Представители*: а) повилика; б) власоглав; в) бычий цепень; г) заразиха; д) раффлезия; е) аскарида; ж) петров крест; з) малярийный плазмодий. **7.** Что позволяет люпину (бобовое растение) расти на бедных песчаных почвах и давать хороший урожай? Дайте аргументированный ответ.

Правообладатель Народная асвета

Глава 2

Вид и популяция

Эта глава начинается определением понятия «вид» и характеристикой критериев вида. Затем вводится понятие «популяция» и дается характеристика свойств и типов структуры популяций. В последнем параграфе главы рассматриваются механизмы регуляции численности популяций в природе.

§ 11. Понятие вида. Критерии вида

Понятие вида. Вид как таксономическая категория. Чтобы изучать многообразие жизни, человеку необходимо было разработать систему классификации организмов для разделения их на группы. Как вы уже знаете, наименьшей структурной единицей в систематике живых организмов является вид.

Вид — исторически сложившаяся совокупность особей, которые сходны по морфологическим, физиологическим и биохимическим признакам, свободно скрещиваются и дают плодовитое потомство, приспособлены к определенным условиям среды и занимают в природе общую территорию — ареал.

Для того чтобы отнести особей к одному и тому же или к разным видам, их сравнивают между собой по ряду определенных характерных признаков — критериев.

Критерии вида. Совокупность характерных однотипных признаков, по которым особи одного вида схожи, а особи разных видов различаются между собой, называют критерием вида. В современной биологии выделяют следующие основные критерии вида: морфологический, физиологический, биохимический, генетический, экологический, географический.

Морфологический критерий отражает совокупность характерных признаков внешнего строения. Например, виды клевера различаются по окраске соцветий, форме и окраске листьев (рис. 18). Этот критерий относительный. В пределах вида особи могут заметно различаться по строению. Эти различия зависят от пола (*половой диморфизм*), стадии развития, стадии в цикле размножения, условий среды обитания, принадлежности к сортам или породам.

Например, у кряквы самец ярко окрашен, а самка темно-бурая, у благородного оленя самцы имеют рога, а у самок их нет (рис. 19). У бабочки капустной белянки гусеница отличается от взрослой особи внешними признаками. У папоротника щитовника мужского спорофит имеет листья и корни, а гаметофит

Правообладатель Народная асвета

Клевер луговой

Клевер гибридный

Клевер ползучий

Клевер горный

Рис. 18. Морфологические различия разных видов клевера

Кряква

Олень благородный

Рис. 19. Внешние различия самцов и самок — доказательство относительности морфологического критерия

Правообладатель Народная асвета

представлен зеленой пластинкой с ризоидами. В то же время некоторые виды настолько схожи по морфологическим признакам, что их называют видами-двойниками. Например, некоторые виды малярийных комаров, дрозофил, североамериканских сверчков внешне не различаются, но не скрещиваются между собой.

Таким образом, на основании одного морфологического критерия нельзя судить о принадлежности особи к тому или иному виду.

Физиологический критерий — совокупность характерных особенностей процессов жизнедеятельности (размножение, пищеварение, выделение и др.). Одним из важных признаков является способность особей скрещиваться. Особи разных видов не могут скрещиваться из-за несовместимости половых клеток, несоответствия половых органов. Этот критерий относительный, поскольку и особи одного вида иногда не могут скрещиваться. У мух дрозофил невозможность спаривания может быть обусловлена различием в строении полового аппарата. Это приводит к нарушению процессов размножения. И наоборот, известны такие виды, представители которых могут скрещиваться между собой. Например, лошадь и осел, представители некоторых видов ив, тополей, зайцев, канареек. Из этого следует, что для определения видовой принадлежности особей недостаточно сравнивать их только по физиологическому критерию.

Биохимический критерий отражает характерный химический состав тела и обмен веществ. Это самый ненадежный критерий. Нет веществ или биохимических реакций, характерных только для определенного вида. Особи одного вида могут значительно различаться по этим показателям. Тогда как у особей разных видов синтез белков и нуклеиновых кислот происходит одинаково. Ряд биологически активных веществ играют аналогичную роль в обмене веществ у разных видов. Например, хлорофилл у всех зеленых растений участвует в фотосинтезе. Значит, определение видовой принадлежности особей на основании одного биохимического критерия тоже невозможно.

Генетический критерий характеризуется определенным набором хромосом, сходных по размерам, форме и составу. Это самый надежный критерий, так как он является фактором репродуктивной изоляции, поддерживающей генетическую целостность вида. Однако и этот критерий не является абсолютным. У особей одного вида число, размеры, форма и состав хромосом могут различаться в результате геномных, хромосомных и генных мутаций. В то же время при скрещивании некоторых видов иногда появляются жизнеспособные плодовитые межвидовые гибриды. Например, собака и волк, тополь и ива, канарейка и зяблик при скрещивании дают плодовитое потомство. Таким образом, сходства по данному критерию также недостаточно, чтобы отнести особей к одному виду.

Экологический критерий — это совокупность характерных факторов среды, необходимых для существования вида. Каждый вид может обитать в той сре-

Правообладатель Народная асвета

де, где климатические условия, особенности почвы, характер рельефа и источники пищи соответствуют его пределам толерантности. Но в этих же условиях среды могут обитать и организмы других видов. Выведение человеком новых пород животных и сортов растений показало, что особи одного вида (дикие и окультуренные) могут жить в сильно различающихся условиях среды. Это доказывает относительный характер экологического критерия. Следовательно, есть необходимость использования других критериев при определении принадлежности особей к определенному виду.

Географический критерий характеризует способность особей одного вида населять в природе определенную часть земной поверхности (ареал).

Например, лиственница сибирская распространена в Сибири (Зауралье), а лиственница даурская — в Приморском крае (Дальний Восток), морошка — в тундре, а черника — в умеренной зоне.

Этот критерий указывает на приуроченность вида к определенному местообитанию. Но есть виды, не имеющие четких границ расселения, а обитающие практически повсеместно (лишайники, бактерии). У некоторых видов ареал совпадает с ареалом человека. Такие виды называются *синантропными* (комнатная муха, постельный клоп, домовая мышь, серая крыса). У разных видов могут быть совпадающие местообитания. Значит, и этот критерий имеет относительный характер. Он не может использоваться в качестве единственного для определения видовой принадлежности особей.

Таким образом, ни один из описанных критериев не является абсолютным и универсальным. Поэтому при определении принадлежности особи к определенному виду следует учитывать все его критерии.

Ареал вида. Понятие об эндемиках и космополитах. Согласно географическому критерию, каждый вид в природе занимает определенную территорию — ареал.

Ареал (от лат. *area* — площадь, пространство) **— *часть земной поверхности, в пределах которой распространены и проходят полный цикл своего развития особи данного вида.***

Ареал может быть *сплошным* или *прерывистым* (рис. 20, с. 52), *обширным* или *ограниченным*. Виды, имеющие обширный ареал в пределах разных континентов, называются ***видами-космополитами*** (некоторые виды протистов, бактерий, грибов, лишайников). Когда ареал распространения очень узкий и находится в пределах небольшого региона, то населяющий его вид называется ***эндемиком*** (от греч. *éndēmos* — местный).

Например, кенгуру, ехидна и утконос обитают только в Австралии. Гинкго в естественных условиях произрастает только в Китае, рододендрон остроконечный и лилия даурская — только на Дальнем Востоке.

Правообладатель Народная асвета

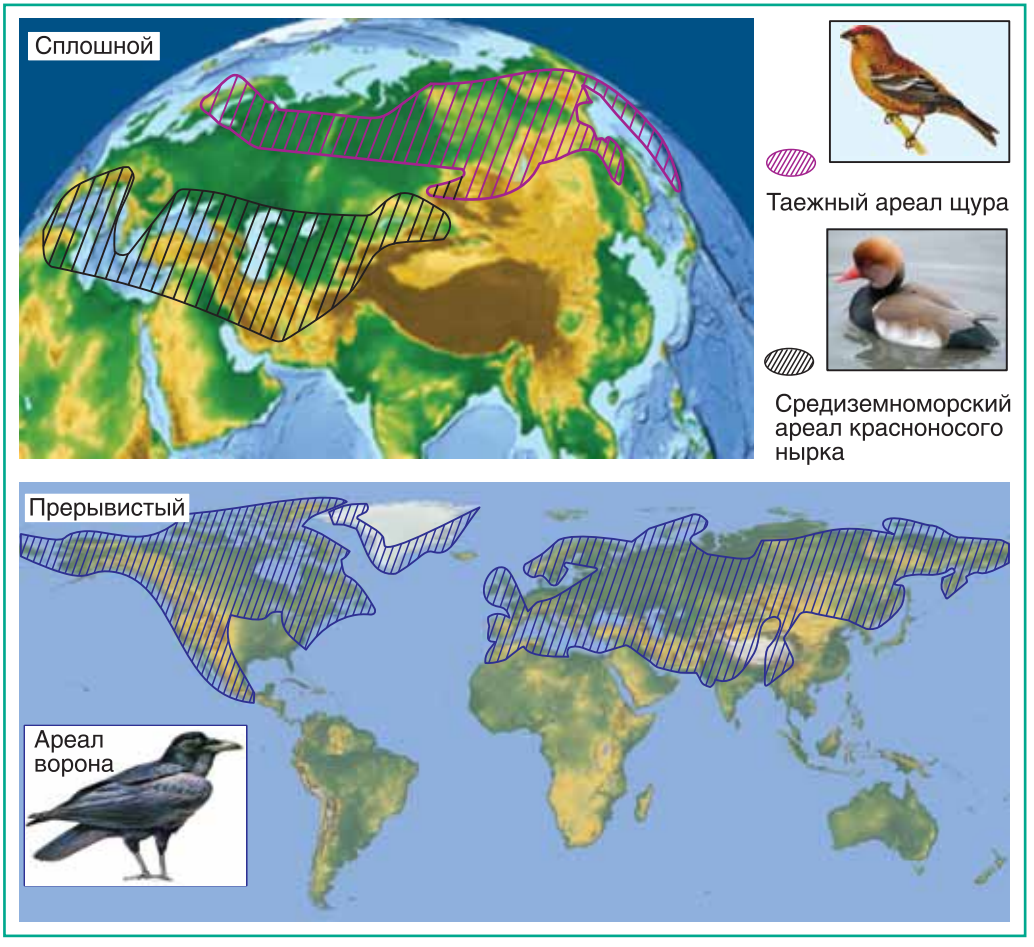


Рис. 20. Виды ареалов

Вид — совокупность особей, которые сходны по морфологическим, физиологическим и биохимическим признакам, свободно скрещиваются и дают плодовитое потомство, приспособлены к определенным условиям среды и занимают в природе общую территорию — ареал. Для каждого вида характерны следующие критерии: морфологический, физиологический, биохимический, генетический, экологический, географический. Все они носят относительный характер, поэтому при определении видовой принадлежности особей используются все возможные критерии.

Правообладатель Народная асвета

1. Перечислите критерии вида. Какой из них самый надежный, а какой — самый ненадежный? Ответ обоснуйте. **2.** В приведенном ниже списке животных укажите синантропные виды: еж обыкновенный, заяц беляк, муха комнатная, медведь бурый, крыса серая, полевка, таракан, постельный клоп. **3.** Укажите, какие из перечисленных ниже видов называются эндемиками: ехидна, заяц русак, кенгуру, сосна обыкновенная, утконос, гинкго, волк. **4.** Какие критерии вида можно определить по названиям следующих групп видов: 1) мышь домовая, муха комнатная, клоп постельный; 2) медведь бурый, заяц беляк, крыса серая, медведь белый? Какое общее название можно дать видам первой группы? Почему виды этой группы являются доказательством относительности данного критерия?

§ 12. Свойства популяции

Понятие популяции. Каждый вид заселяет ареал не просто как скопление особей, а в виде относительно обособленных групп разного масштаба. Формирование этих групп является следствием разнообразия абиотических факторов и наличия различных преград (реки, горы) в пределах ареала. Такие группы особей, неравноценные по ряду признаков и населяющие разные по условиям участки ареала, были названы ***популяциями***. Термин «популяция» (от лат. *populus* — народ, население) ввел в экологию датский биолог В. Иогансен в 1903 г.

Популяция — способная к саморегуляции группа особей одного вида, обитающих на общей территории, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство.

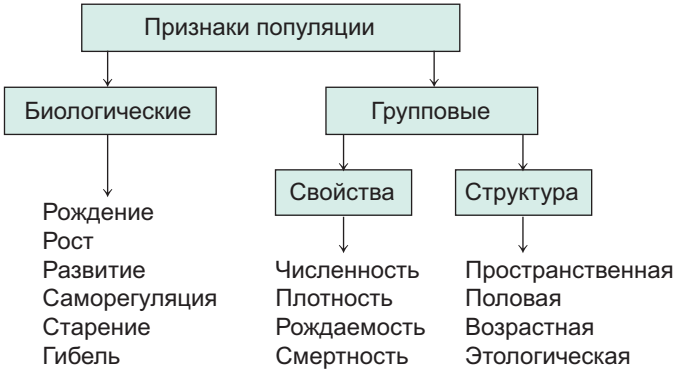
Популяция — это форма существования вида в пространстве.

Как биологическая система, популяция имеет свои собственные признаки (*групповые признаки*). Но поскольку она состоит из особей, то ей присущи и признаки особей (*биологические признаки*), характеризующие стадии их жизненного цикла. Любая популяция в природе существует ограниченное время. Этот интервал времени можно назвать жизненным циклом популяции, поскольку он включает те же стадии, что и жизненный цикл организма. Однако признаки популяции, характеризующие стадии ее жизненного цикла, не позволяют получить представление о ней как о самостоятельной биологической системе. Разнообразие признаков популяции можно показать с помощью схемы на странице 54.

Групповые признаки позволяют человеку прогнозировать будущее популяции и правильно строить с ней взаимоотношения. Рассмотрим характеристику свойств популяций.

Численность — общее количество особей на участке ареала с однородными экологическими условиями. Численность популяции постоянно изменяется, но ее колебания ограничиваются верхним и нижним пределами. Выход за эти пределы может привести к гибели популяции.

Правообладатель Народная асвета



Верхний предел численности — максимальное количество особей, способных существовать в данной части ареала. Он зависит от количества корма, площади занимаемой территории и силы воздействия экологических факторов. Если численность достигает верхнего предела, то начинается гибель особей из-за нехватки корма. Возникают эпидемии из-за повышенной контактности, что в конечном итоге может привести к гибели всей популяции. Следовательно, если численность близка к верхнему пределу, то часть особей следует изъять из популяции. Это может быть переселение на свободную территорию, использование в хозяйственных целях, санитарный отстрел или вырубка.

Нижний предел численности — минимальное количество особей, способных обеспечить длительное существование популяции. Он зависит от биологических свойств организмов и является величиной постоянной для всех популяций в пределах вида. Снижение численности ниже нижнего предела является причиной снижения возможности встречи полов для размножения особей. Это неизбежно приводит к вымиранию популяции. Вот почему популяции с очень малой численностью особей длительно существовать не могут. Известны случаи вымирания популяций даже в заповедниках со строгим режимом охраны, когда их численность снижалась ниже нижнего предела. Следовательно, если численность приближается к нижнему пределу, следует осуществлять охрану популяции или вселять новые особи, чтобы не допустить снижения численности ниже нижнего предела.

Всем популяциям присущи периодические (сезонные) колебания численности под влиянием биотических и абиотических факторов среды (*популяционные волны*, или *волны жизни*).

Плотность — количество особей популяции на единицу площади. Этот показатель прямо пропорционален численности. При увеличении численности плотность не повышается или даже снижается лишь в том случае, если воз-

Правообладатель Народная асвета

можно расселение особей вследствие расширения ареала. Различают два вида плотности. ***Средняя плотность*** — количество особей в расчете на единицу площади всей занимаемой территории. ***Экологическая (удельная) плотность*** — количество особей в расчете на единицу площади территории, пригодной для обитания. Плотность, как и численность, имеет верхний и нижний пределы, поэтому прогноз для популяции можно давать и на основании плотности.

Рождаемость — число особей, появившихся в популяции в единицу времени за счет размножения особей. В курсе географии вы познакомились с понятием «рождаемость» при изучении причин естественного изменения численности населения. Рождаемость является важной демографической характеристикой. В экологии под рождаемостью понимают любой способ появления новых особей (деление клетки, прорастание семян, вылупливание из яиц, живорождение и т. д.). Для популяции можно рассчитать абсолютную и удельную рождаемость. ***Абсолютная рождаемость*** — отношение числа потомков к периоду времени, за который они появились. ***Удельная рождаемость*** — число особей, появившихся в единицу времени в расчете на одну особь популяции.

Как правило, при повышении рождаемости численность популяции увеличивается. Но иногда в популяции отмечается высокая рождаемость, а численность особей в ней остается прежней или даже снижается. Это может быть связано с высокой смертностью особей или с какими-либо другими причинами (например, с расселением особей на новые территории).

Смертность — количество особей, погибших за единицу времени. Она является одной из характеристик демографических процессов. Смертность по характеру влияния на численность природных популяций является свойством, противоположным рождаемости. Но охарактеризовать ее можно аналогичными по способу расчета показателями: ***абсолютной смертностью*** и ***удельной смертностью***. Увеличение смертности, как правило, приводит к снижению численности популяции и свидетельствует о неблагоприятном воздействии факторов окружающей среды.

Соотношение между рождаемостью и смертностью определяет *скорость роста численности популяции*. Если показатель рождаемости ниже показателя смертности, то численность популяции снижается (*отрицательный рост численности*), и она нуждается в охране. Наоборот, если смертность ниже рождаемости, то численность популяции возрастает (*положительный рост численности*), и из нее возможно изъятие особей. В случае равенства рождаемости и смертности численность популяции поддерживается на постоянном уровне, и популяция является стабильной.

Правообладатель Народная асвета

Популяция — это способная к саморегуляции группа особей одного вида, обитающих на общей территории, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство. Любая популяция имеет биологические и групповые признаки. К свойствам популяции относятся численность, плотность, рождаемость и смертность.

1. Объясните, почему популяция обладает и биологическими, и групповыми признаками. Перечислите свойства популяции. **2.** Зимой, когда устанавливается лед, живущие на разных берегах реки зайцы встречаются и скрещиваются. Как можно назвать группы зайцев с разных берегов: две популяции двух видов, две популяции одного вида или две группы одной популяции? **3.** Сколько видов и сколько популяций можно насчитать в следующих сочетаниях особей: мыши полевые и мыши лесные; растения рябины обыкновенной в лесу и в парке; растения сосны обыкновенной в центре леса и на его окраине? **4.** Почему популяция может погибнуть, если ее численность выйдет за верхний или нижний пределы? Приведите примеры из жизни. Какие меры нужно предпринять, чтобы этого не произошло? **5.** В одном из парков 20 семей грачей отложили за 2 года 160 яиц. Из них вылупилось и оперилось только 80 птенцов. Рассчитайте для данной популяции абсолютную и удельную рождаемость. Что будет с численностью популяции, если абсолютная смертность за этот период будет составлять 60 особей в год?

§ 13. Структура популяции

Структура популяции — соотношение особей по какому-либо признаку или по характеру их распределения в среде обитания. Различают пространственную, половую, возрастную и этологическую (поведенческую) структуры популяции.

Пространственная структура — характер распределения особей популяции на занимаемой территории. В природе популяциям свойственны три типа пространственного распределения особей: случайное, равномерное, групповое (рис. 21). Они формируются в зависимости от степени неоднородности среды обитания, биологических особенностей вида и поведения особей.

Случайное распределение происходит, если среда обитания относительно однородна по экологическим условиям. При этом количество особей в популяции невелико, и биологические особенности вида не позволяют им образовывать группы. Например, у белой планарии, пресноводного полипа гидры, пауков, двустворчатых моллюсков отмечается случайное распределение.

Равномерное распределение наблюдается у видов, жестко конкурирующих за пищевые ресурсы и территорию. Тенденция к равномерному распределению особей у некоторых животных может быть обусловлена мечением и охраной мест обитания. В природе равномерное распределение встречается довольно редко.

Правообладатель Народная асвета

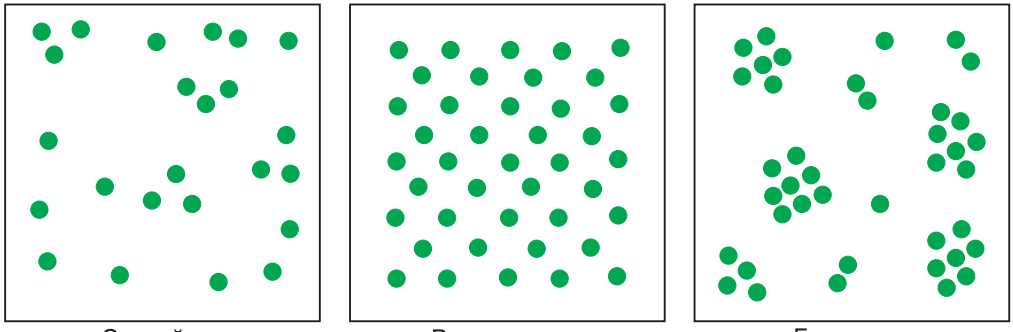


Рис. 21. Типы пространственного распределения особей в популяциях

Например, кустарники в пустыне, конкурируя за влагу, распределены довольно равномерно. Поддерживают между собой определенную дистанцию некоторые виды хищных рыб, птиц и млекопитающих, охраняющих свои кормовые территории.

Групповое распределение наиболее распространено в природе. Неоднородность среды, ограниченность мест обитания, биологические особенности вида, способы размножения могут приводить к объединению особей в группы. Групповое распределение у растений обусловлено их способами размножения и распространения семян и плодов. Например, некоторые растения образуют крупные, тяжелые плоды (орех лещины, желудь дуба), которые падают рядом с деревом и тут же прорастают, образуя группы. При вегетативном размножении корневищами у растений также формируются группы (пырей ползучий, ландыш майский, клевер ползучий).

У многих млекопитающих и птиц наблюдается социальное поведение, которое приводит к образованию групп с социальной иерархией (стаи, стада, колонии, табуны, семьи, гаремы). Выживаемость особей в группе повышается благодаря лучшим возможностям для защиты от врагов, обнаружения корма, противостояния неблагоприятным факторам среды, формирования микроклимата. Например, стае волков легче охотиться, а табуну лошадей — защищаться от волков. Стае скворцов проще спастись от ястреба, косяку мелких рыб — от крупных хищных рыб. Пингвины в колонии, образуя плотное скопление, легче переносят холод. В семьях птиц и млекопитающих благодаря заботе родителей повышается выживаемость потомства. Группа растений способна лучше противостоять ветру, эффективнее использовать воду.

Половая структура — соотношение численности особей разного пола в популяции. Из курса географии Беларуси вы знаете о зависимости соотношения

Правообладатель Народная асвета

мужского и женского населения Беларуси от возрастной категории людей, а также о его изменении в связи с Великой Отечественной войной.

В природных популяциях при половом размножении в момент оплодотворения соотношение зигот по половой принадлежности, как правило, близко к 1 : 1 — это ***первичное соотношение полов***. В дальнейшем соотношение полов на эмбриональной стадии может меняться в зависимости от различных факторов среды. Например, изменение соотношения полов на эмбриональном этапе развития отмечается у тутового шелкопряда. Пол особи у него зависит от температуры окружающей среды. Эту особенность использует в шелководстве человек. Поскольку в коконах, завиваемых самцами, шелка на 25 % больше, то для получения большего количества самцов яйца выдерживают при температуре, благоприятной для их развития.

Таким образом, в эмбриональный период на генетическую обусловленность пола накладывается влияние факторов среды, что приводит к формированию ***вторичного соотношения полов***.

К моменту полового созревания соотношение полов изменяется и формируется ***третичное соотношение полов***. Оно зависит от устойчивости особей разного пола к факторам среды, что связано с физиологическими, экологическими, поведенческими и другими особенностями самцов и самок. Так, в популяциях фазанов, больших синиц, крякв отмечается преобладание численности самок, а в популяциях пингвинов, наоборот, преобладают самцы.

Соотношение особей разного пола и особенно доля размножающихся самок значительно влияют на численность, плотность, рождаемость популяции. Поэтому определение половой структуры позволяет человеку прогнозировать будущее популяции и правильно строить с ней взаимоотношения.

Возрастная структура — соотношение в популяции возрастных групп особей, различающихся по способности к воспроизводству. В природных популяциях животных выделяют три возрастные группы. ***Предрепродуктивные особи*** — молодые особи, не достигшие полового созревания и еще не способные давать потомство. ***Репродуктивные особи*** — половозрелые размножающиеся особи. ***Пострепродуктивные особи*** — старые особи, утратившие функцию размножения и уже не дающие потомства.

Продолжительность существования каждой возрастной группы по отношению к продолжительности жизни поколения сильно варьирует у разных организмов. У современного человека эти три возрастных периода по продолжительности примерно одинаковы. У первобытных людей пострепродуктивный период был гораздо короче, чем сейчас. Предрепродуктивный период у некоторых организмов очень длительный по сравнению с остальными. Например, у цикад он длится 17 лет, в то время как репродуктивный период продолжается только один летний сезон, а пострепродуктивный вообще отсутствует. Отсутствие пострепродуктивного периода наблюдается у некоторых насекомых (поденки) и рыб (лососевые).

Правообладатель Народная асвета

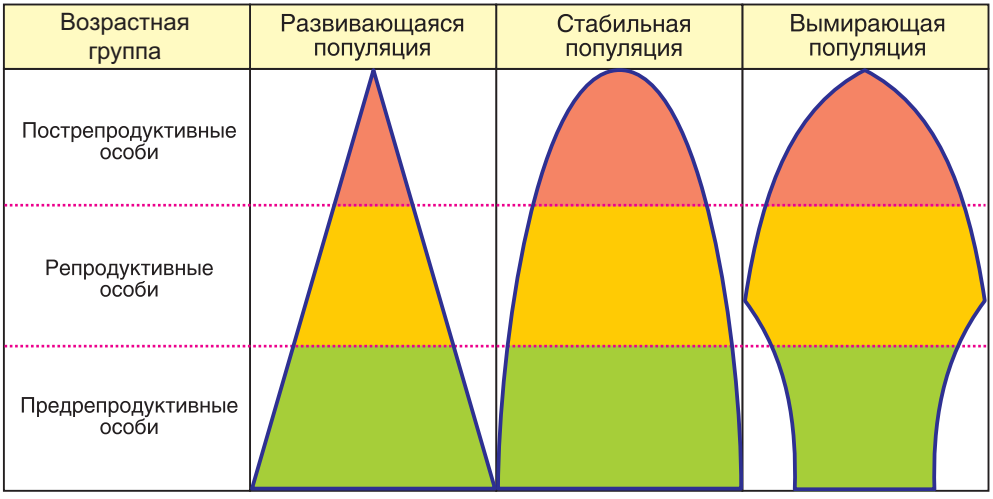


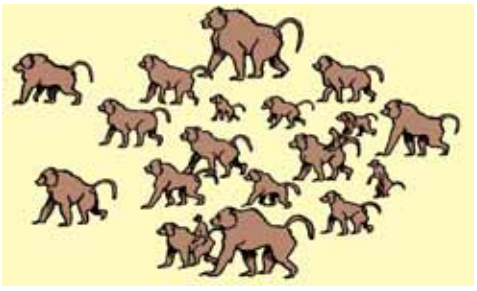
Рис. 22. Типы возрастных пирамид в популяциях животных

Количественное соотношение разных возрастных групп в популяциях животных выражают с помощью возрастных пирамид (рис. 22). Они позволяют прогнозировать дальнейшее изменение численности популяции. Популяция с большой долей предрепродуктивных особей будет иметь возрастную пирамиду с широким основанием. Такая популяция будет увеличивать свою численность. Она называется *развивающейся* или *растущей*. При равномерном распределении особей по возрастным группам популяция находится в *стабильном* состоянии. При малой доле предрепродуктивных особей популяция будет иметь возрастную пирамиду с узким основанием. Ее численность будет снижаться. Такая популяция называется *вымирающей* или *стареющей*. Она нуждается в охране или дополнительном вселении особей.

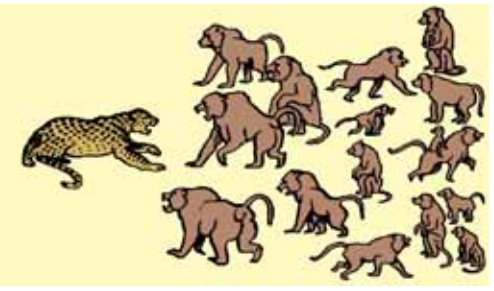
Возрастные различия в популяции существенно усиливают ее экологическую неоднородность, т. е. обеспечивают особям неодинаковую сопротивляемость среде. Возрастная структура популяции имеет приспособительный характер. Она формируется на основе биологических свойств вида, но всегда отражает и силу воздействия факторов окружающей среды. Возрастная структура популяции влияет как на рождаемость, так и на смертность в данный момент и показывает, что может произойти с популяцией в будущем.

Изучение соотношения возрастных групп в популяциях имеет практическую значимость для человека. Оно позволяет оценить, какую возрастную группу и в каком объеме можно изъять для использования. Или наоборот, какая возрастная группа особей в наибольшей степени нуждается в охране.

Правообладатель Народная асвета



При движении к месту кормления



При нападении хищника

Рис. 23. Порядок расположения особей в стаде павианов: первое кольцо образуют самцы, второе — самки, в центре — молодняк

Этологическая (поведенческая) структура — соотношение особей по типу поведенческих реакций. Эта структура характерна для животных. При изучении биологии в 8-м классе вы познакомились с разнообразием поведенческих реакций животных. В некоторых популяциях особи ведут одиночный образ жизни. По поведению они равнозначны и независимы друг от друга (божьи коровки, жужелицы, бабочки). В большинстве случаев особи объединяются в социальные группы — семьи, колонии, стада, стаи и др. При семейном образе жизни у птиц и млекопитающих поведение родителей различается в зависимости от того, кто из них ухаживает за потомством. В связи с этим различают семьи *отцовского, материнского* и *смешанного* типов. В колониях пчел, термитов, муравьев этологические группы формируются в результате разделения труда и специализации особей.

Наиболее сложная этологическая структура отмечается в стаях и стадах, где имеет место система «доминирования-подчинения». У разных видов животных она зависит от типа иерархии. При иерархической организации популяций особям свойствен закономерный порядок перемещения, расположения на отдых, определенная организация при защите от врагов (рис. 23) и т. п.

Для популяций характерны пространственная, половая, возрастная и этологическая структуры. Пространственная структура — случайное, равномерное или групповое распределение особей. Половая структура — первичное, вторичное или третичное соотношение полов. Возрастная структура — соотношение предрепродуктивных, репродуктивных и пострепродуктивных особей. Этологическая структура — соотношение особей, различающихся по комплексу поведенческих реакций.

Правообладатель Народная асвета

1. Назовите типы пространственной структуры популяций и причины их формирования. **2.** В популяциях каких организмов имеется групповое распределение: пырей, гидра, осина, волк, планария, ландыш, грач? **3.** Почему изменяется соотношение полов в популяциях на разных стадиях жизненного цикла особей? **4.** Приведите примеры разных типов этологической структуры в социальных группах животных. **5.** Какое значение для хозяйственной и природоохранной деятельности человека имеет знание возрастной структуры популяций? **6.** Составьте план мероприятий по отношению к двум популяциям промысловых рыб, обитающих в разных водоемах и имеющих разную возрастную структуру. У одной популяции возрастная пирамида с широким основанием, а у другой — с узким. **7.** Две популяции северных оленей оказались в разных условиях среды, что повлияло на их возрастную структуру. В первой популяции было 140 предрепродуктивных особей, 80 особей репродуктивного и 40 особей пострепродуктивного возраста. Во второй популяции оказалось 60 предрепродуктивных, 140 репродуктивных и 80 пострепродуктивных особей. Постройте возрастные пирамиды, используя масштаб 1 см = 20 особям. Дайте прогноз на будущее этих популяций. Укажите, какие действия в отношении каждой из популяций должен предпринять человек, чтобы они сохранили свое существование.

§ 14. Динамика численности популяций и ее регуляция

Причины и типы динамики численности популяции. Вся совокупность факторов среды в природе постоянно изменяется и вызывает колебания численности популяций. Диапазон колебаний численности зависит от степени изменчивости абиотических, антропогенных и биотических факторов среды, а также от биологических особенностей вида. Изменение численности популяции во времени называется ***динамикой численности***. Различают два типа динамики численности популяций: периодические и непериодические колебания численности.

Периодические колебания численности (*популяционные волны, или волны жизни*) происходят преимущественно под влиянием закономерно изменяющихся факторов среды (особенно кормовых ресурсов) при смене сезонов. Они могут быть связаны и с особенностями жизненного цикла (размножение в определенное время года) особей самой популяции. У некоторых видов млекопитающих, птиц, рыб, насекомых, растений наблюдается четко выраженное регулярное чередование всплесков и спадов численности.

Например, у многих насекомых, однолетних растений появление потомства происходит в весенний период. А с наступлением зимы численность взрослых особей может снижаться до нуля. Ширина амплитуды колебания численности зависит от степени обеспеченности потомства кормом. Так, в чистых однопородных лесах численность насекомых-вредителей может регулярно возрастать в тысячи раз. Тогда как в смешанных лесах у этой же популяции численность будет колебаться незначительно.

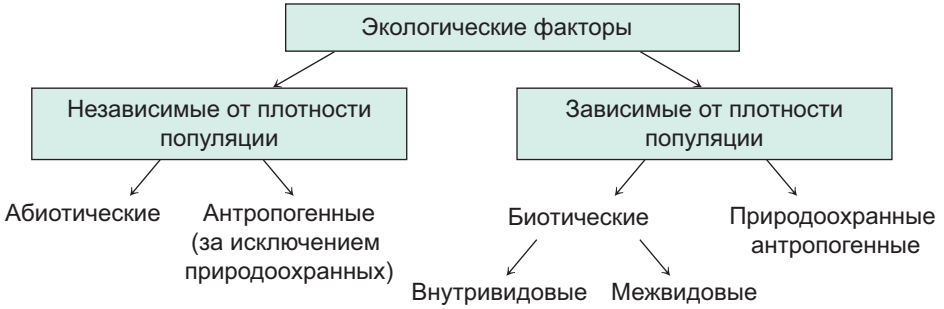
В эволюционной теории популяционные волны рассматриваются как один из факторов эволюции.

Правообладатель Народная асвета

У многих видов процесс размножения и степень обеспеченности кормом не приурочены к определенному времени года, а зависят от динамики экологических факторов в течение сезона или на протяжении года. В популяциях таких видов наблюдаются *непериодические колебания численности*.

Факторы регуляции численности популяции. В природных системах с низким уровнем видового разнообразия численность популяций подвержена сильному воздействию абиотических и антропогенных факторов. Она зависит от погоды, химического состава среды и степени ее загрязнения. В системах с высоким уровнем видового разнообразия колебания численности популяций в основном контролируются биотическими факторами.

Все экологические факторы в зависимости от характера их влияния на численность популяции можно разделить на две группы (см. схему).



Факторы, независимые от плотности популяции, изменяют численность популяций в одном направлении, независимо от количества особей в них. Абиотические и антропогенные (за исключением природоохранной деятельности человека) факторы влияют на численность особей независимо от плотности популяции. Так, суровые зимы снижают численность популяций пойкилотермных животных (змей, лягушек, ящериц). Толстый слой льда и отсутствие подо льдом достаточного количества кислорода снижают численность популяций рыб зимой. Сухие лето и осень с последующей морозной зимой уменьшают численность популяций колорадского жука. Неконтролируемый отстрел животных или отлов рыбы снижают восстановительные возможности их популяций. Высокие концентрации загрязнителей в окружающей среде отрицательно сказываются на численности всех чувствительных к ним видов.

Факторы, зависимые от плотности популяции, изменяют ее численность в сторону оптимального уровня и предотвращают перенаселение, поэтому их еще называют регулирующими факторами. К ним относятся биотические и природоохранные антропогенные факторы. Зависимыми от плотности факторами являются: запасы кормовых ресурсов (рис. 24), наличие естественных врагов, различные виды природоохранной деятельности и др. Так, численность популяций

Правообладатель Народная асвета

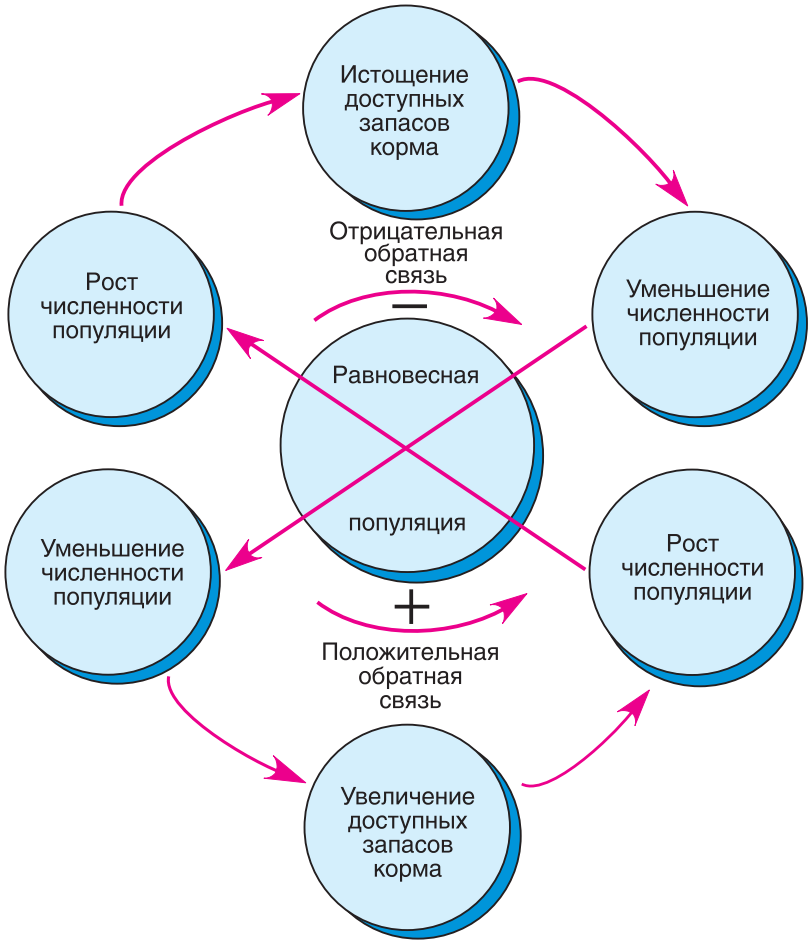


Рис. 24. Схема регуляции численности популяции животных под действием фактора, зависимого от плотности популяции (запасы кормовых ресурсов)

изменяется обратно пропорционально количеству хищников, паразитов, возбудителей болезней и прямо пропорционально запасу кормовых ресурсов. Таким образом, их наличие в среде обитания сглаживает резкие колебания численности популяции и способствует ее поддержанию в равновесном состоянии.

Емкость среды (максимальная численность популяции) определяется возможностью среды обеспечить популяцию необходимыми ресурсами: кормом, убежищем, особями противоположного пола и т. д. Когда численность популяции приближается к емкости среды, возникает нехватка корма вследствие его усиленного выедания. И тогда приводится в действие механизм регуляции численности

Правообладатель Народная асвета

популяции через *внутривидовую конкуренцию за ресурс*. Если плотность популяции высокая, ее регулирует повышение смертности в результате обострения конкуренции. Часть особей погибает либо из-за нехватки корма (травоядные животные), либо в результате биологической или химической войны. Повышение смертности приводит к снижению плотности. Если плотность популяции низкая, происходит ее пополнение за счет увеличения рождаемости вследствие возобновления кормовых ресурсов и ослабления конкуренции.

Биологическая война — это умерщвление конкурентов внутри популяции путем прямого нападения (хищники одного вида). Резкое снижение кормовых ресурсов может приводить к возникновению каннибализма (поедание себе подобных). *Химическая война* — это выделение химических веществ, задерживающих рост и развитие или убивающих молодых особей (растения, водные животные). Проявление химической войны можно наблюдать на примере развития головастиков. При высокой плотности более крупные головастики выделяют в воду вещества, которые подавляют рост мелких особей. Поэтому завершают свое развитие только крупные головастики. После этого начинают расти мелкие головастики.

Регуляция численности популяции через количество кормовых ресурсов четко прослеживается на примере взаимодействия популяций хищника и жертвы. Они оказывают взаимное влияние на численность и плотность друг друга, вызывая повторяющиеся подъемы и спады численности обеих популяций. Причем в этой системе колебаний увеличения численности хищника отстают по фазе от увеличений численности жертвы (рис. 25).

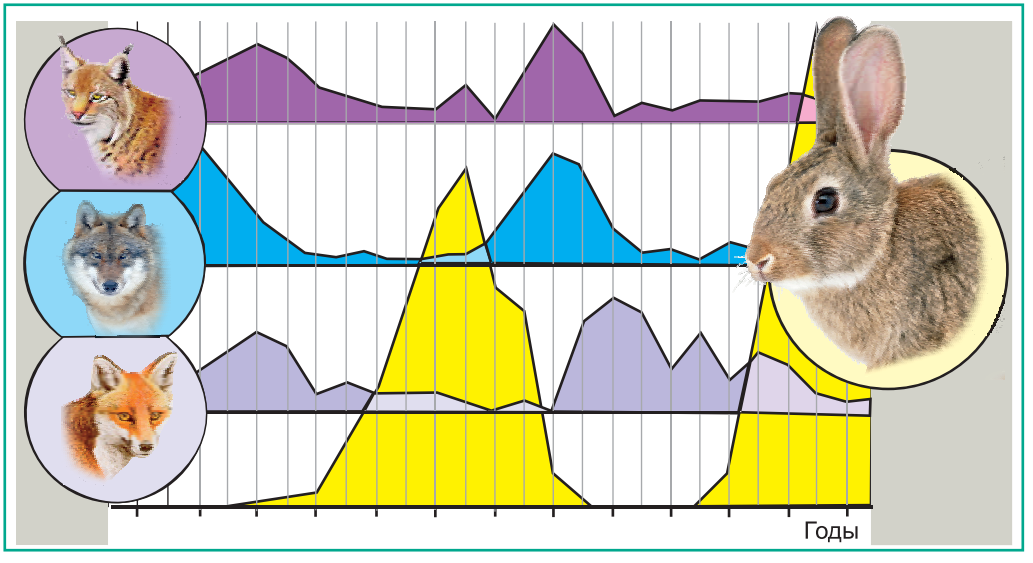


Рис. 25. Динамика численности хищников и их жертвы

Правообладатель Народная асвета

Примерно по тому же механизму при паразитизме осуществляется взаимная регуляция численности популяций паразита и хозяина. При повышении плотности популяции организмов-хозяев облегчается передача возбудителей от одной особи к другой, так как увеличивается частота контактов. В результате возникает вспышка заболевания, приводящая к увеличению смертности. Снижение плотности популяции хозяина препятствует переносу возбудителя, и здоровые особи начинают размножаться. Следовательно, хищники и паразиты в природе играют регулирующую роль, препятствуя чрезмерному росту численности других популяций. Полное их уничтожение может привести к нарушению равновесия в природных системах.

Важным механизмом регуляции численности в переуплотненных популяциях является *стресс-реакция*. Повышение плотности популяции приводит к увеличению частоты встреч между особями, что вызывает у них такие физиологические изменения, которые ведут либо к снижению рождаемости, либо к увеличению смертности, что является причиной уменьшения численности популяции. Стресс не вызывает необратимых изменений в организме, а лишь приводит к временному блокированию некоторых функций организма. При устранении перенаселения способность к размножению быстро восстанавливается.

Все зависимые от плотности популяции механизмы регуляции численности включаются до того, как произойдет полное исчерпание ресурсов среды. Благодаря этому в популяциях осуществляется саморегуляция численности.

У популяций в природе наблюдается два типа динамики численности: периодические и непериодические колебания. Факторы среды, влияющие на численность популяций, разделяют на: факторы, не зависимые от плотности популяции, и факторы, зависимые от плотности популяции. Регуляция численности популяций в природе осуществляется преимущественно через конкуренцию за ресурсы, хищничество, паразитизм.

1. Почему в природе не может оставаться постоянной численность популяции? **2.** Укажите причины периодических и непериодических колебаний численности популяций. **3.** Как влияют на численность популяций факторы, независимые от их плотности? **4.** Что такое емкость среды и от чего она зависит? **5.** В чем заключается механизм регуляции численности популяции через внутривидовую конкуренцию за ресурс? Нарисуйте его схему. **6.** Почему в природе нельзя полностью уничтожать хищников и паразитов? Дайте аргументированный ответ.

Правообладатель Народная асвета

Глава 3

Экосистемы

В третьей главе приведена характеристика основных структурных единиц живой природы — сообществ (биоценозов) и экосистем. Вначале вы познакомитесь с основными понятиями главы: «биоценоз», «сообщество», «биотоп». Затем изучите состав и структуру биоценоза и экосистемы. Рассматривая биологическую продуктивность экосистем, вы познакомитесь с разными видами продукции и закономерностями ее распределения в экосистеме. В конце главы рассматриваются типы динамики экосистем, вводится понятие «сукцессия». Завершается глава сравнительной характеристикой природных экосистем и агроэкосистем.

§ 15. Биоценоз и биотоп. Связи популяций в биоценозах

Понятие биоценоза и биотопа. В природе популяции разных видов, существующие в одной среде, вступают друг с другом в разнообразные связи и взаимоотношения в зависимости от их потребностей. В результате образуется более сложная биологическая система — биоценоз. Этот термин ввел немецкий гидробиолог К. Мебиус в 1877 г.

Биоценоз (от греч. *bíos* — жизнь, *koinós* — общий) **— *исторически сложившаяся совокупность взаимосвязанных популяций растений, животных, грибов и микроорганизмов, населяющих экологически однородную среду обитания.***

Часто в экологии вместо термина «биоценоз» используется термин «*сообщество*». Биоценоз (сообщество) является основным компонентом природных надорганизменных систем.

Место обитания биоценоза — ***биотоп*** (от греч. *bíos* — жизнь, *tópos* — место) — ***участок территории с однородными условиями среды.***

Состав биоценоза и биотопа. Составляющими компонентами биоценоза являются: фитоценоз, зооценоз, микоценоз, микробоценоз. ***Фитоценоз*** (от греч. *phytón* — растение, *koinós* — общий) — растительное сообщество, произрастающее на определенной территории и изменяющееся как по сезонам, так и по

Правообладатель Народная асвета

годам. ***Зооценоз*** (от греч. *zṓon* — животное, *koinós* — общий) — совокупность популяций животных, населяющих определенный биотоп. ***Микоценоз*** (от греч. *mýkēs* — гриб, *koinós* — общий) — сообщество различных видов грибов. ***Микробоценоз*** (от греч. *micrós* — малый, *koinós* — общий) — совокупность популяций микроорганизмов (бактерий, протистов).

Граница между биоценозами определяется по фитоценозам, которые всегда имеют специфические особенности. Например, луг резко отличается от леса, лес — от болота, хвойный лес — от лиственного, березовая роща — от дубравы и т. д. Фитоценоз определяет видовой состав зооценоза, микоценоза и микробоценоза, т. е. является главным структурным компонентом биоценоза.

По происхождению различают первичные и вторичные биоценозы. *Первичные* биоценозы сформировались в природных условиях в ходе эволюции (недоступные участки тайги, горные леса). Их компоненты (организмы) адаптировались к окружающей среде. Это придает биоценозам динамическую устойчивость. Ко вторичным относятся созданные или преобразованные человеком биоценозы (большинство биоценозов на Земле).

В курсе географии вы познакомились с разнообразием природных биоценозов Беларуси. Наиболее типичными для нашей страны являются: хвойные и смешанные леса, березовые рощи, дубравы, пойменные и суходольные луга, болота. Все они испытывают разную степень влияния хозяйственной деятельности человека. Государством постоянно принимаются меры по их охране.

Биотоп включает воздух с климатическими факторами (***климатоп***), почву (***эдафотоп***) и воду (***гидротоп***). Эти компоненты взаимодействуют между собой и формируют среду обитания биоценоза. Биоценоз своим существованием изменяет состояние биотопа. В свою очередь изменяющийся биотоп может влиять на видовой состав биоценоза.

Связи популяций в биоценозах. Структура биоценоза поддерживается во времени и пространстве за счет разнообразных связей между популяциями. Связи возникают с целью удовлетворения определенных потребностей одной популяции за счет другой. В зависимости от характера потребностей выделяют четыре типа связей: трофические, топические, форические, фабрические.

Трофические связи (от греч. *trophē* — пища) — связи между популяциями, когда особи одной популяции получают пищу за счет особей другой популяции. Это может происходить путем поедания особей, питания отмершими органическими остатками или продуктами жизнедеятельности особей другого вида. Например, лягушка питается насекомыми, аист — лягушками, дождевой червь — опавшими листьями (*прямые* трофические связи). Хищники поедают травоядных животных, и этим они влияют на численность травянистых растений, которые являются пищей для некоторых листогрызущих беспозвоночных животных (*косвенная* трофическая связь).

Правообладатель Народная асвета

Орхидеи (эпифиты) на стволе дерева

Лианы в тропическом лесу

Рис. 26. Топические связи

Топические связи (от греч. *tópos* — место) — связи между популяциями, когда особи одной популяции используют особей другой популяции в качестве местообитания или испытывают их влияние на свою среду обитания. Например, птицы используют деревья и кустарники как места для гнездования, мальки рыб находят укрытие под зонтиком медузы, эпифиты и лианы используют стволы деревьев как субстрат (рис. 26) и т. д. В лесу высокие деревья под своим пологом могут создавать благоприятные условия для тенелюбивых растений.

Форические связи (от греч. *phora* — ношение) — связи между популяциями, когда особи одной популяции участвуют в расселении (распространении) особей другой популяции. Например, птицы, питаясь ягодами брусники, черники, рябины, боярышника, распространяют семена этих растений вместе с экскрементами. Млекопитающие переносят блох, клещей. Белки, сойки, запасая орехи и желуди на зиму, иногда теряют их, и те весной прорастают.

Эволюция животных и растений протекала взаимосвязанно (коэволюция), поэтому они вырабатывали приспособления для форических связей. Например, пищеварительные ферменты животных и птиц не переваривают семена растений, а наоборот, обеспечивают им высокую всхожесть. Плоды и семена некоторых растений имеют крючки, зацепки для прикрепления к шерсти животных с целью последующего распространения. Если в роли распространителей семян, плодов, спор, пыльцы выступают животные, то такой процесс называют *зоохорией*. Семена лопуха или череды могут цепляться своими шипами за шерсть крупных млекопитающих и переноситься на большие расстояния. Если животные переносят (транспортируют) других, более мелких животных, — это *форезия*. Птицы нередко на перьях и ногах переносят мелких животных или их яйца, а также цисты протистов. Характерной особенностью форезии является отсутствие паразитизма.

Фабрические связи (от лат. *fabrico* — изготовлять) — связи между популяциями, когда особи одной популяции используют выделения или мертвые части тела особей другой популяции в качестве материала для строительства гнезд,

Правообладатель Народная асвета

Муравейник

Гнездо грача

Рис. 27. Фабрические связи

нор, убежищ и др. Например, бобры сооружают бобровые хатки из стволов и ветвей деревьев. Муравьи используют опад хвойных растений как основной строительный материал для муравейников. Птицы применяют сухие веточки, траву, пух, шерсть животных для строительства гнезд (рис. 27). Некоторые лесные звери выстилают свои норы мхом, опавшими листьями, сухой травой и т. д.

Популяция любого вида в биоценозе постоянно вступает в различные связи с другими популяциями. Например, дятел, поедающий насекомых, вступает с ними в прямую трофическую связь, а с дубом, под корой которого он отыскивает этих насекомых, — в косвенную трофическую связь. Выдалбливая на стволе дерева дупло, он вступает в топическую связь с деревом и т. д.

Биоценоз — совокупность взаимосвязанных популяций растений (фитоценоз), животных (зооценоз), грибов (микоценоз) и микроорганизмов (микробоценоз), населяющих участок территории с однородными условиями среды — биотоп. Биотоп включает воздух с климатическими факторами (климатоп), почву (эдафотоп) и воду (гидротоп). В биоценозе между популяциями разных видов возникают трофические, топические, форические и фабрические связи.

1. Дайте определение понятий «биоценоз» и «биотоп». **2.** Назовите структурные компоненты биоценоза соснового леса. **3.** Какие типы связей между популяциями поддерживают структуру биоценоза? **4.** В какие связи вступают азотфиксирующие бактерии, находящиеся в клубеньках бобовых растений; дятел, живущий в дупле дуба? **5.** Установите соответствие между типами связей популяций разных видов и их примерами. *Типы связей*: 1. Трофические. 2. Топические. 3. Форические. 4. Фабрические. *Примеры связей*: а) лягушки и кузнечики; б) лишайники и деревья;

Правообладатель Народная асвета

в) мальки рыб и медузы; г) лианы и деревья; д) осины и подосиновики; е) птицы и семена рябины; ж) медведи и клещи; з) муравьи и лесной опад. **6.** Объясните экологический смысл следующих пословиц. 1. Мужик березу рубит, а щепа по грибам да ягодам бьет. 2. Лиса с зайцем дружно не живут. 3. Ты посей рожь — васильки сами взойдут. 4. Коли тесно, так и курица курицу с насеста сталкивает. 5. На то и щука в море, чтоб карась не дремал. О каких типах связей и взаимоотношений в них идет речь?

§ 16. Видовая структура биоценоза

Любой биоценоз планеты характеризуется определенной видовой структурой. ***Видовая структура*** — видовое разнообразие биоценоза и соотношение видов по численности.

Видовое разнообразие биоценоза. Достаточно только посмотреть на разные биоценозы, чтобы заметить их различия по видовому составу. Получить полное представление о видовом разнообразии биоценоза практически невозможно, так как нельзя учесть виды микроорганизмов. Но даже количественная характеристика видимых элементов дает возможность получить о биоценозе важную информацию. Видовое разнообразие биоценоза можно охарактеризовать с помощью двух количественных показателей: видовое богатство и видовая насыщенность.

Видовое богатство — общее количество видов, обитающих в биотопе. Каждый вид в биоценозе представлен популяцией. Природные биоценозы считаются бедными, если их видовое богатство составляет десятки и сотни видов (биоценозы хвойных лесов, пустынь, высокогорий). В богатых биоценозах количество видов достигает нескольких тысяч (тропические леса, саванны). Чем выше видовое богатство, тем устойчивее биоценоз.

Чем можно объяснить такую зависимость? *Во-первых*, у каждой популяции есть возможность образовать большее количество связей и удовлетворить свои экологические потребности. Это повышает ее выживаемость, а значит, и сохранение биоценоза в целом. *Во-вторых*, имеется возможность взаимозаменяемости одних видов другими при выполнении их функции, благодаря чему не нарушается функциональная структура биоценоза.

Видовая насыщенность — количество видов, приходящихся на единицу площади или единицу объема биотопа. Два биоценоза, имеющие одинаковое видовое богатство, не будут в равной степени устойчивы, если они занимают разные по площади биотопы. Устойчивее будет биоценоз с меньшей площадью биотопа. В нем будет выше видовая насыщенность, а значит, больше вероятность образования связей между популяциями и выше их прочность.

Таким образом, чтобы получить представление о видовом разнообразии биоценоза, недостаточно знать общее количество видов в биотопе. Необходимо иметь информацию и о плотности его заселения видами.

Правообладатель Народная асвета

Видовое разнообразие биоценоза зависит от условий среды в биотопе. Например, в тундре, где постоянно ощущается дефицит тепла, биоценозы имеют небольшое видовое разнообразие в основном за счет мхов и лишайников. В умеренных широтах видовое разнообразие в основном определяется видовым богатством покрытосеменных и голосеменных растений, животного мира и в меньшей степени видовой насыщенностью грибов. В тропических лесах самое богатое многообразие флоры и фауны. Таким образом, можно сделать вывод, что, чем благоприятнее условия среды, тем больше видовое разнообразие биоценозов, и наоборот. Значит, по видовому разнообразию биоценоза можно судить о степени благоприятности условий среды в биотопе.

Видовое разнообразие зависит и от возраста биоценоза. Молодые, только начинающие развиваться биоценозы бедны по видовому составу. Они становятся богаче по мере развития. Наибольшее видовое разнообразие наблюдается в зрелых устойчивых биоценозах. Следовательно, по видовому разнообразию можно определить стадию развития биоценоза.

Соотношение видов по их численности. В любом биоценозе есть виды, преобладающие по численности и занимающие большую часть биотопа. Эти виды называются ***доминантными*** или ***доминантами***. Они определяют тип биоценоза. Это, например, сосна — в сосновом лесу, береза — в березовой роще, дуб — в дубовой роще, ольха — в ольшанике и др. Доминирование вида не всегда означает его обилие, доминантный вид может иметь и низкую абсолютную численность (например, верблюжья колючка в пустыне). Но по сравнению с численностью других видов в данном биоценозе его численность самая высокая. Доминанты, которые участвуют в формировании среды для всего сообщества (средообразующие виды), называются *видами-эдификаторами*. Эдификатор верхового болота — это сфагнум, степи — ковыль, дубравы — дуб и т. д. Иногда эдификаторами могут быть и животные: бобры формируют бобровые ландшафты, копытные животные — степные ландшафты и т. д. Удаление вида-эдификатора может настолько изменить условия среды обитания, что данный биотоп окажется непригодным для ранее существовавших там видов. В него станут заселяться новые виды, и это приведет к смене биоценоза.

Кроме видов-доминантов, любой биоценоз включает множество других видов с меньшей численностью. Они поддерживают разнообразие связей в биоценозе и служат резервом для замещения доминантов, т. е. придают стабильность биоценозу. В зависимости от доли особей данного вида в общей численности особей биоценоза — *степени доминирования* — их разделяют на четыре категории:

1) субдоминантные виды — довольно многочисленные и часто встречающиеся в биотопе виды, но заметно уступающие по численности доминантным;

Правообладатель Народная асвета

2) малочисленные виды — виды с небольшой численностью, изредка встречающиеся в биотопе;

3) редкие виды — виды с очень малой численностью, встречающиеся только в отдельных местах биотопа;

4) случайные виды — виды, нетипичные для данного биоценоза, и представленные здесь единичными экземплярами.

Доминантные и субдоминантные виды человек может использовать в процессе хозяйственной деятельности без ущерба для биоценоза. Малочисленные и редкие виды нужно охранять в пределах данного биоценоза. Редкие виды, как правило, заносятся в Международную или национальные Красные книги, когда их численность очень мала в большинстве биоценозов в пределах ареала. Случайные виды не заслуживают внимания, так как они в данном биоценозе существовать не смогут и со временем исчезнут.

Видовая структура биоценоза — видовое разнообразие и соотношение видов по их численности. Видовое разнообразие характеризуется видовым богатством и видовой насыщенностью. По степени доминирования виды биоценоза разделяют на доминантные, субдоминантные, малочисленные, редкие и случайные. Редкие виды заносятся в Красную книгу, когда их численность очень мала в большинстве биоценозов в пределах ареала.

1. Какими показателями характеризуется видовое разнообразие биоценоза? Объясните зависимость устойчивости биоценоза от этих показателей. **2.** Как по видовому разнообразию определить стадию развития биоценоза? **3.** На какие категории разделяют виды по степени доминирования? **4.** Какую роль в жизни биоценоза играют виды-эдификаторы? **5.** Установите соответствие между биоценозами и их видами-эдификаторами. *Биоценозы*: 1. Верховое болото. 2. Степь. 3. Тайга. 4. Тундра. 5. Смешанный лес. *Виды-эдификаторы*: а) ковыль; б) осина; в) сфагнум; г) сосна; д) ель; е) береза; ж) дуб; з) ягель (олений мох); и) карликовая береза. **6.** Назовите виды-эдификаторы типичных биоценозов вашего региона. **7.** Какие меры должны предпринимать люди, чтобы сохранить редкие, особо ценные виды?

§ 17. Пространственная структура биоценоза

Любой биоценоз в природе занимает определенное пространство. Оно разделяется между видами в зависимости от их биологических особенностей. Это приводит к формированию пространственной структуры. ***Пространственная структура биоценоза*** — закономерное расположение видов в биотопе, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Для биоценоза характерны вертикальная (ярусность) и горизонтальная (мозаичность) структуры.

Правообладатель Народная асвета

Вертикальная структура биоценоза (ярусность). В наземных биоценозах основную роль в формировании вертикальной структуры играют растения разной высоты. Благодаря этому наблюдается вертикальное расслоение биоценоза на структурные части. Эти части биоценоза, занимающие разное положение по отношению к уровню почвы, называются ***ярусами***. А состоящая из них вертикальная структура биоценоза называется ***ярусностью***.

Главную роль при формировании видового состава растительных ярусов играет количество света, достигающее каждого яруса. От него зависит температурный режим и влажность на разных уровнях (ярусах) биоценоза. Верхние ярусы составляют светолюбивые растения. Ниже располагаются теневыносливые, а в самом низу произрастают тенелюбивые виды. Такое распределение растений способствует более полному усвоению солнечной энергии. До поверхности почвы доходит лишь 1—5 % света, поступающего в биоценоз. В одноярусных фитоценозах большая часть поступающей солнечной энергии не усваивается. Она идет на нагревание почвы и частично отражается.

Растительные ярусы создают микроклимат для существования других видов. Каждый растительный ярус заселяется определенными видами животных и микроорганизмов. Ярусы отличаются друг от друга совокупностью экологических условий, составом видов растений, животных и микроорганизмов. В каждом ярусе складывается своя система связей и взаимоотношений между компонентами.

Большинство видов приспособлено к конкретным ярусам. Но некоторые виды в силу различных обстоятельств занимают в разное время жизни разные ярусы. Их называют *внеярусными* видами. Например, нельзя отнести к конкретному ярусу лианы, лишайники, некоторые виды мхов и паразитов.

В наземных биоценозах различают *надземную* и *подземную* ярусность. Ярусы нумеруются римскими цифрами. Первым считается самый удаленный от уровня почвы ярус (как надземный, так и подземный). Наиболее четко ярусность выражена в лесных биоценозах. В них фитоценозы образованы различными жизненными формами растений. Там представлены деревья, кустарники, кустарнички, однолетние и многолетние травы, мхи, лишайники, грибы, занимающие разное положение относительно уровня почвы.

Надземная ярусность в лиственном лесу обычно включает пять, иногда шесть, растительных ярусов (рис. 28, с. 74). I ярус образован деревьями первой величины (дуб, береза, ясень, липа и др.). Ко II ярусу относятся деревья второй величины (дикие яблоня, груша, черемуха, рябина и др.). III ярус — это подлесок из кустарников (лещина, крушина, бересклет, можжевельник, калина, бузина и др.). IV ярус представлен высокими травами и кустарничками (папоротники, крапива, чистотел, вереск, багульник и др.). V ярус составляют низкие травы и кустарнички (черника, брусника, земляника, толокнянка, ландыш и др.), а также мхи

Правообладатель Народная асвета

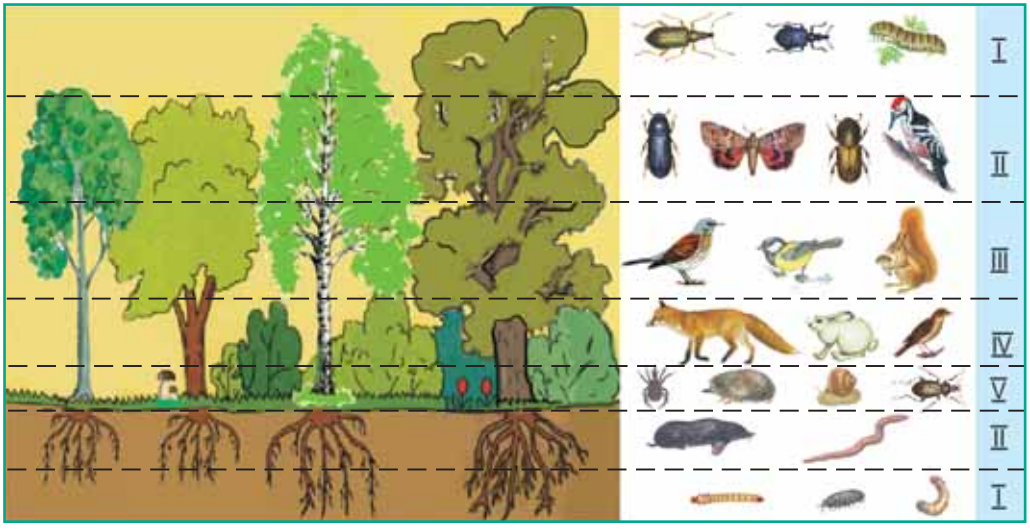


Рис. 28. Вертикальная структура (ярусность) биоценоза лиственного леса

и лишайники. В нижних ярусах обычно присутствует подрост древесных растений. Если ярусов много, то фитоценоз считается сложным, а если их мало — простым.

Животные приурочены к определенным ярусам фитоценоза. I ярус населяют листогрызущие насекомые (обитатели кроны деревьев). Во II ярусе обитают птицы и стволовые вредители (жуки короеды, усачи, златки). В III и IV ярусах — копытные и хищные животные, птицы, грызуны. V ярус богат различными многоножками, жужелицами, шмелями, клещами и другими мелкими животными.

Подземная ярусность обусловлена разной глубиной расположения корневой системы. Чем выше деревья, тем глубже в почву проникают их корни. Расположение корней на разной глубине снижает остроту конкуренции между растениями за воду, минеральное питание, кислород.

Возникновение ярусности — результат длительного приспособления разных видов друг к другу и формирования межвидовых связей и взаимоотношений. Ярусность способствует значительному ослаблению конкуренции между видами за ресурсы и территорию. Благодаря этому увеличивается численность особей на единице площади, более полно и рационально используются условия и ресурсы биотопа.

Вертикальное распределение видов в биоценозе оказывает влияние на его горизонтальную структуру.

Горизонтальная структура биоценоза (мозаичность). Неоднородность почвенных условий, рельефа, деятельность человека определяют характер гори-

Правообладатель Народная асвета

зонтального распределения видов в биотопе — горизонтальную структуру биоценоза. Под действием вышеуказанных факторов в биоценозе происходит формирование растительных *микрогруппировок*. Например, в луговых биоценозах можно обнаружить микрогруппировки бобовых, злаков, сложноцветных. Они различаются видовым составом, соотношением численности видов, продуктивностью, биомассой и т. д. В каждой такой растительной микрогруппировке формируется определенный микроклимат, видовой состав животных, грибов и микроорганизмов. Совокупность всех этих компонентов, связанных трофическими и топическими связями, является структурной единицей горизонтальной структуры биоценоза. В лесном биоценозе, например, четко видны различия между опушкой леса и поляной. Существенно отличаются участки леса с выраженным кустарниковым подростом и со сплошным моховым покровом или с покровом из черничника. Таким образом, горизонтальная структура биоценоза является отражением разнообразия условий окружающей среды в биотопе в горизонтальном направлении.

Благодаря формированию горизонтальной структуры биоценоз более полно использует возможности биотопа. В нем активно потребляются пищевые ресурсы, увеличивается количество видов и, как следствие, возрастает стабильность биоценоза.

Пространственная структура биоценоза — расположение видов в вертикальном (ярусность) и горизонтальном (мозаичность) направлениях. Вертикальная структура формируется благодаря наличию растений разной высоты, образующих ярусы. В биоценозах различают надземную и подземную ярусность. Горизонтальная структура биоценоза формируется вследствие неоднородности почвы и рельефа в биотопе.

1. Какой компонент биоценоза играет главную роль в формировании вертикальной структуры биоценоза? **2.** Назовите причины формирования горизонтальной структуры биоценоза. **3.** В каком ярусе лесного биоценоза живут дождевые черви? Какова их роль в образовании почвы? **4.** Установите соответствие между надземными ярусами лиственного леса и входящими в их состав видами животных. *Ярусы*: 1. I ярус. 2. II ярус. 3. III ярус. 4. IV ярус. 5. V ярус. *Виды животных*: а) заяц, кабан, лисица, волк; б) клещи, жужелицы, многоножки, шмели; в) птицы, жуки короеды, усачи, златки; г) листогрызущие насекомые; д) лось, косуля, зубр, благородный олень. **5.** В чем заключается преимущество многоярусного биоценоза над одноярусным? Дайте аргументированный ответ. Установите причинно-следственные связи между экологическими факторами биотопа и видовым составом растительных ярусов биоценоза.

Правообладатель Народная асвета

§ 18. Экосистема. Биогеоценоз. Структура экосистемы

Понятие экосистемы и биогеоценоза. Термин «экосистема» впервые был предложен английским экологом А. Тенсли в 1935 г. Он рассматривал экосистемы как основные структурные единицы природы на планете Земля.

Экосистема — комплекс из сообщества живых организмов и среды их обитания, в котором происходит обмен веществом и энергией.

Экосистемы не имеют определенной размерности. Гниющий пень с населяющими его беспозвоночными животными, грибами и бактериями представляет собой экосистему небольшого масштаба (*микроэкосистема*). Озеро с водными и околоводными организмами является экосистемой среднего масштаба (*мезоэкосистема*). А море с его многообразием водорослей, рыб, моллюсков, ракообразных — экосистема крупного масштаба (*макроэкосистема*).

Для обозначения подобных систем на однородных участках суши русский геоботаник В. Н. Сукачев в 1942 г. предложил термин «биогеоценоз».

Биогеоценоз — исторически сложившаяся совокупность живых (биоценоз) и неживых (биотоп) компонентов однородного участка суши, где происходит круговорот веществ и превращение энергии.

Как видно из приведенного определения, биогеоценоз включает две структурные части — биоценоз и биотоп. Каждая из этих частей состоит из определенных компонентов, которые между собой взаимосвязаны (рис. 29).

Биогеоценоз и экосистема — близкие понятия, обозначающие биосистемы одного уровня организации. Общим признаком для этих систем является наличие в них обмена веществом и энергией между живым и неживым компонентами. Однако вышеуказанные понятия не являются синонимами. Экосистемы имеют разную степень сложности, разные масштабы, они могут быть естественными (природными) и искусственными (созданными человеком). В качестве отдельных экосистем могут рассматриваться капля воды из лужи с микроорганизмами, болотная кочка с ее населением, озеро, луг, пустыня и, наконец, биосфера — экосистема самого высокого ранга.

В. Н. Сукачев (1880—1967) — русский ботаник, географ и лесовед, один из основоположников биогеоценологии

Биогеоценоз отличается от экосистемы территориальной ограниченностью и определенным соста-

Правообладатель Народная асвета

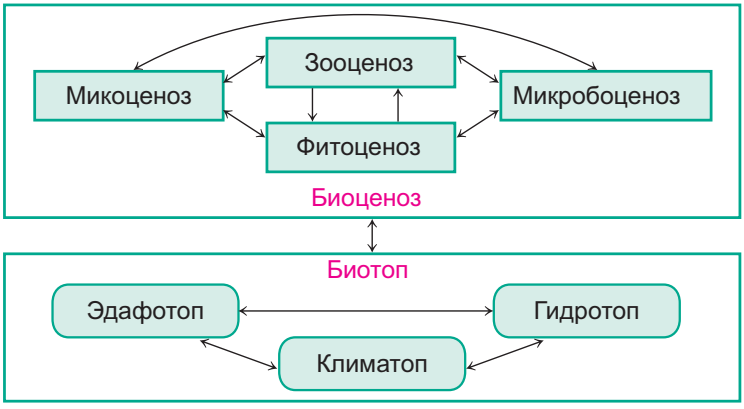


Рис. 29. Схема биогеоценоза

вом популяций (биоценоз). Его границы определяются наземным растительным покровом (фитоценозом). Изменение растительности свидетельствует об изменении условий в биотопе и о границе с соседним биогеоценозом. Например, переход от древесной растительности к травянистой свидетельствует о границе между лесным и луговым биогеоценозами. Биогеоценозы выделяют только на суше.

Следовательно, понятие «экосистема» более широкое, чем «биогеоценоз». Экосистемой можно назвать любой биогеоценоз, а вот биогеоценозом можно назвать только наземные экосистемы.

С точки зрения обеспечения питательными веществами биогеоценозы более автономны (независимы от других биогеоценозов), чем экосистемы. В каждом из устойчивых (существующих длительное время) биогеоценозов осуществляется свой круговорот веществ, сопоставимый по характеру с круговоротом веществ в биосфере планеты Земля, но только в гораздо меньшем масштабе. Экосистемы же более открытые системы. Это еще одно отличие биогеоценозов от экосистем.

Структура экосистемы. В экосистеме виды организмов выполняют разные функции, благодаря которым осуществляется круговорот веществ. В зависимости от роли, которую виды играют в круговороте, их относят к разным функциональным группам: продуцентам, консументам или редуцентам.

Продуценты (от лат. *producens* — создающий), или ***производители***, — автотрофные организмы, синтезирующие органическое вещество из минерального с использованием энергии. Если для синтеза органического вещества используется солнечная энергия, то продуцентов называют *фотоавтотрофами*.

Правообладатель Народная асвета

К фотоавтотрофам относятся все зеленые растения, лишайники, цианобактерии, автотрофные протисты, зеленые и пурпурные бактерии. Продуценты, использующие для синтеза органического вещества энергию химических реакций окисления неорганических веществ, называются *хемоавтотрофами*. Ими являются железобактерии, бесцветные серобактерии, нитрифицирующие и водородные бактерии.

Консументы (от лат. *consumo* — потребляю), или ***потребители***, — гетеротрофные организмы, потребляющие живое органическое вещество и передающие содержащуюся в нем энергию по пищевым цепям. К ним относятся все животные и растения-паразиты. В зависимости от вида потребляемого органического вещества консументы подразделяются на порядки. Организмы, потребляющие продуцентов, называются *консументами* I *порядка*. К ним относятся растительноядные животные (саранча, грызуны, парно- и непарнокопытные животные) и растения-паразиты. Консументов I порядка потребляют *консументы* II *порядка*, которые представлены плотоядными животными. *Консументами* III и последующих порядков являются плотоядные животные, питающиеся консументами II и последующих порядков. Количество порядков консументов в экосистеме ограниченно и определяется объемом биомассы, созданной продуцентами.

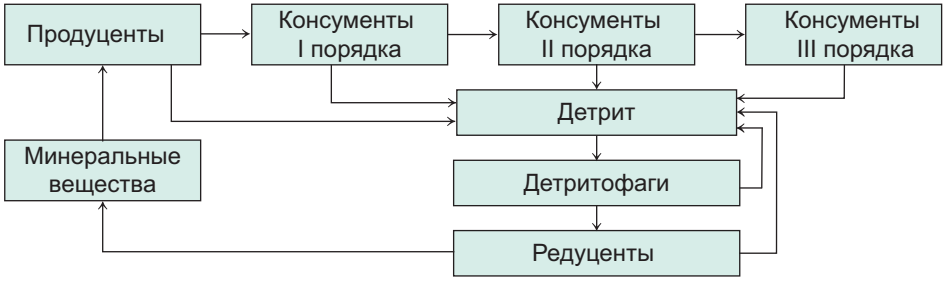
Редуценты (от лат. *reducens* — возвращающий), или ***разрушители***, — гетеротрофные организмы, разрушающие отмершее органическое вещество любого происхождения до минерального. Образующееся минеральное вещество накапливается в почве и в дальнейшем поглощается продуцентами. В экологии отмершее органическое вещество, вовлеченное в процесс разложения, называется детритом. *Детрит* — отмершие остатки растений и грибов, трупы и экскременты животных с содержащимися в них бактериями.

В процессе разложения детрита участвуют детритофаги и редуценты. К детритофагам относятся мокрицы, некоторые клещи, многоножки, ногохвостки, жуки мертвоеды, некоторые насекомые и их личинки, черви. Они потребляют детрит и в ходе жизнедеятельности оставляют содержащие органику экскременты. Истинными редуцентами считаются грибы, гетеротрофные протисты, почвенные бактерии. Все представители детритофагов и редуцентов, отмирая, также образуют детрит.

Роль редуцентов в природе очень велика. Без них в биосфере накапливались бы отмершие органические остатки, а минеральные вещества, необходимые продуцентам, иссякли бы. И жизнь на Земле в той форме, которую мы знаем, прекратилась бы.

Взаимосвязь функциональных групп в экосистеме можно показать на следующей схеме.

Правообладатель Народная асвета



В экосистеме с большим видовым разнообразием может осуществляться взаимозаменяемость одного вида другим без нарушения функциональной структуры.

Экосистема — комплекс из сообщества живых организмов и среды их обитания, в котором происходит обмен веществом и энергией. Наземные экосистемы называют биогеоценозами. Биогеоценоз — совокупность биоценоза и биотопа, где осуществляется круговорот веществ и превращение энергии. Функциональными компонентами экосистемы являются продуценты, консументы и редуценты.

1. Сравните определения понятий «биогеоценоз» и «экосистема». Что между ними общего? В чем отличие? **2.** Какие из экосистем можно назвать биогеоценозами: луг, озеро, гнилой пень, море, хвойный лес, реку? **3.** В чем состоит роль продуцентов в экосистеме? Приведите примеры фото- и хемоавтотрофов. **4.** Какую функцию в экосистеме выполняют редуценты? Назовите их представителей. **5.** Установите соответствие между функциональными группами и их представителями. *Функциональные группы*: 1. Продуценты. 2. Консументы. 3. Редуценты. *Представители*: а) береза; б) лось; в) дождевой червь; г) щука; д) подосиновик; е) лишайник, ж) ламинария; з) многоножка; и) дафния. **6.** Дайте экологический прогноз возможных последствий в экосистеме, если в ней произойдет резкое сокращение численности редуцентов. Какие последствия могли бы ожидать Землю, если бы исчезли все редуценты?

§ 19. Цепи и сети питания. Экологические пирамиды

Пастбищные и детритные цепи. Трофические уровни. Основное условие существования экосистемы — это поддержание круговорота веществ и превращения энергии. Оно обеспечивается благодаря *трофическим (пищевым)* связям между видами, относящимися к разным функциональным группам. Именно

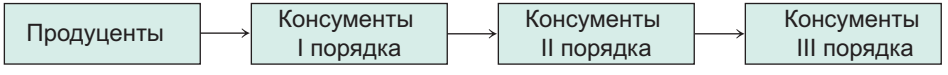
Правообладатель Народная асвета

на основе этих связей органические вещества, синтезированные продуцентами из минеральных веществ с поглощением солнечной энергии, передаются консументам и претерпевают химические превращения. В результате жизнедеятельности преимущественно редуцентов атомы основных биогенных химических элементов (вспомните курс биологии 10-го класса) переходят из органических веществ в неорганические (CO_2, NH_3, H_2S, H_2O). Затем неорганические вещества используются продуцентами для создания из них новых органических веществ. А они снова с помощью продуцентов вовлекаются в круговорот. Если бы эти вещества не использовались многократно, жизнь на Земле была бы невозможна. Ведь запасы веществ, поглощаемых продуцентами, в природе не безграничны. Для осуществления полноценного круговорота веществ в экосистеме должны быть в наличии все три функциональные группы организмов. И между ними должно происходить постоянное взаимодействие в виде трофических связей с образованием трофических (пищевых) цепей, или цепей питания.

Цепь питания (пищевая цепь) — последовательность организмов, в которой происходит поэтапный перенос вещества и энергии от источника (предыдущего звена) к потребителю (последующему звену).

При этом один организм может поедать другой, питаться его отмершими остатками или продуктами жизнедеятельности. В зависимости от вида исходного источника вещества и энергии цепи питания подразделяют на два типа: пастбищные (цепи выедания) и детритные (цепи разложения).

Пастбищные цепи (цепи выедания) — пищевые цепи, которые начинаются с продуцентов и включают консументов разных порядков. В общем виде пастбищную цепь можно показать следующей схемой.



Например: 1) пищевая цепь луга: клевер луговой → бабочка → лягушка → змея; 2) пищевая цепь водоема: хламидомонада → дафния → пескарь → судак. Стрелки в схеме показывают направление переноса вещества и энергии в цепи питания. Примеры решения задач на составление и анализ цепей питания приведены в конце пособия (***Приложение А***).

Каждый организм в цепи питания относится к определенному трофическому уровню.

Трофический уровень — совокупность организмов, которые в зависимости от способа их питания и вида корма составляют определенное звено пищевой цепи.

Правообладатель Народная асвета

Рис. 30. Пастбищные цепи питания

Трофические уровни принято нумеровать. Первый трофический уровень составляют автотрофные организмы — растения (продуценты), на втором трофическом уровне находятся растительноядные животные (консументы I порядка), на третьем и последующих уровнях — плотоядные животные (консументы II, III и т. д. порядков).

В природе почти все организмы питаются не одним, а несколькими видами корма. Следовательно, любой организм может находиться на разных трофических уровнях в одной и той же пищевой цепи в зависимости от характера корма. Например, ястреб, питаясь мышами, занимает третий трофический уровень, а поедая змей — четвертый. Кроме того, один и тот же организм может быть звеном разных пищевых цепей, связывая их между собой. Так, ястреб может съесть ящерицу, зайца или змею, которые входят в состав разных цепей питания (рис. 30).

В природе пастбищные цепи в чистом виде не встречаются. Они связаны между собой общими пищевыми звеньями и образуют *пищевую сеть*, или *сеть питания* (рис. 31, с. 82). Ее наличие в экосистеме способствует выживанию организмов при недостатке определенного вида корма благодаря возможности использовать другой корм. И чем шире видовое разнообразие особей в экосистеме, тем больше пищевых цепей в составе пищевой сети и тем устойчивее экосистема. Выпадение одного звена из цепи питания не нарушит всей экосистемы, так как могут быть использованы источники питания из других пищевых цепей.

Правообладатель Народная асвета

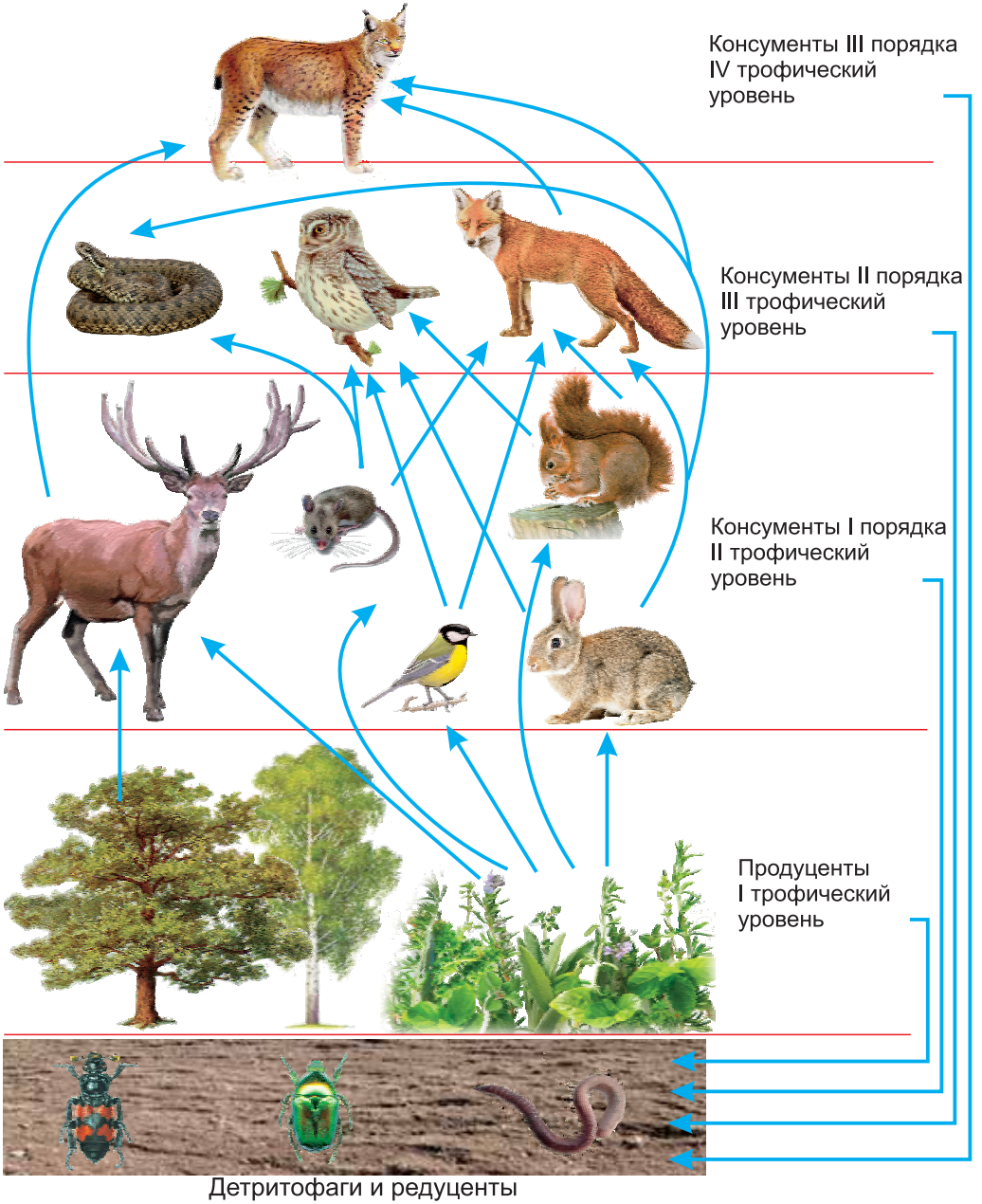


Рис. 31. Упрощенная схема сети питания в лесной экосистеме

Правообладатель Народная асвета

Детритные цепи (цепи разложения) — пищевые цепи, которые начинаются с детрита, включают детритофагов и редуцентов и заканчиваются минеральными веществами. В детритных цепях происходит перенос вещества и энергии детрита между детритофагами и редуцентами через продукты их жизнедеятельности.

Например: погибшая птица личинки мух плесневые грибы бактерии минеральные вещества. Если детрит не требует механического разрушения, то он сразу превращается в перегной с последующей минерализацией.

Благодаря детритным цепям в природе замыкается круговорот веществ. Отмершие органические вещества в детритных цепях превращаются в минеральные, которые поступают в среду, а из нее поглощаются растениями (продуцентами).

Пастбищные цепи преимущественно располагаются в надземных, а цепи разложения — в подземных ярусах экосистем. Взаимосвязь пастбищных цепей с детритными осуществляется через детрит, попадающий в почву. Детритные цепи связаны с пастбищными через минеральные вещества, извлекаемые из почвы продуцентами. Благодаря взаимосвязи пастбищных и детритных цепей в экосистеме формируется сложная пищевая сеть, обеспечивающая постоянство процессов превращения вещества и энергии.

Экологические пирамиды. Процесс превращения вещества и энергии в пастбищных цепях имеет определенные закономерности. На каждом трофическом уровне пастбищной цепи не вся съеденная биомасса идет на образование биомассы консументов данного уровня. Значительная ее часть затрачивается на процессы жизнедеятельности организмов: движение, размножение, поддержание температуры тела и т. д. Кроме того, часть корма не усваивается и в виде продуктов жизнедеятельности попадает в окружающую среду. Другими словами, большая часть вещества и содержащейся в нем энергии при переходе от одного трофического уровня к другому теряется. Процент усвояемости сильно варьирует и зависит от состава пищи и биологических особенностей организмов. Многочисленные исследования показали, что на каждом трофическом уровне пищевой цепи теряется в среднем около 90 % энергии, и только 10 % переходит на следующий уровень. Американский эколог Р. Линдеман в 1942 г. сформулировал эту закономерность как ***правило* 10 %**. Используя это правило, можно рассчитать количество энергии на любом трофическом уровне цепи питания, если ее показатель известен на одном из них. С некоторой степенью допущения это правило используют и для определения перехода биомассы между трофическими уровнями. Примеры решения задач на анализ превращения вещества и энергии в цепи питания и на правило 10 % приведены в конце пособия (***Приложение Б***).

Если на каждом трофическом уровне пищевой цепи определить число особей, или их биомассу, или количество заключенной в ней энергии, то станет оче-

Правообладатель Народная асвета

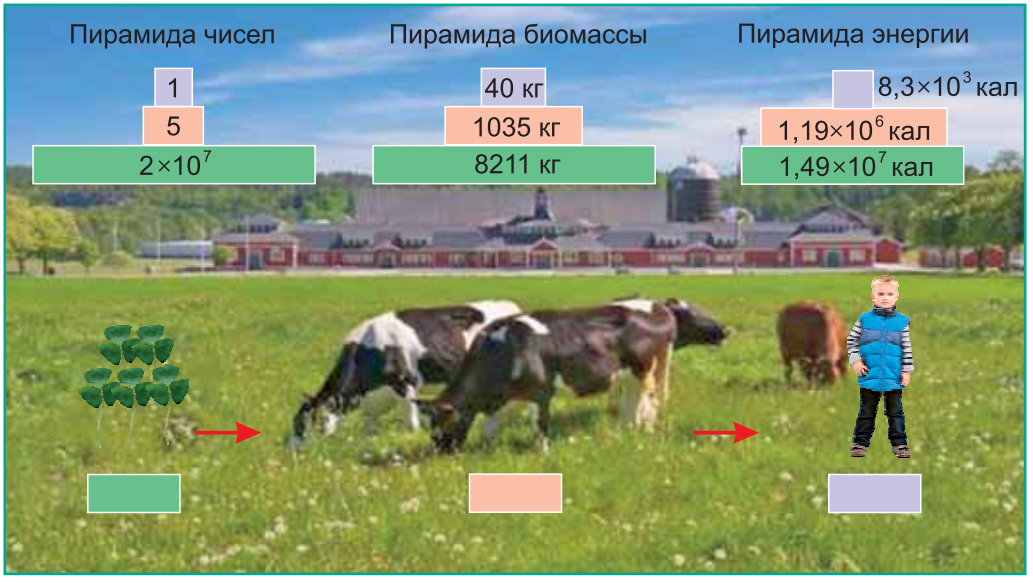


Рис. 32. Экологические пирамиды чисел, биомассы и энергии

видным уменьшение этих величин по мере продвижения к концу цепи питания. Эту закономерность впервые установил английский эколог Ч. Элтон в 1927 г. Он назвал ее ***правилом экологической пирамиды*** и предложил выражать графически. Если любую из вышеуказанных характеристик трофических уровней изобразить в виде прямоугольников с одинаковым масштабом и расположить их друг над другом, то получится *экологическая пирамида*.

Известны три типа экологических пирамид. ***Пирамида чисел*** отражает численность особей в каждом звене пищевой цепи (рис. 32). Однако в экосистеме второй трофический уровень (*консументы I порядка*) численно может быть богаче первого трофического уровня (*продуцентов*). В этом случае получается перевернутая пирамида чисел. Это объясняется участием в таких пирамидах особей, не равноценных по размерам. Примером может служить пирамида чисел, состоящая из лиственного дерева, листогрызущих насекомых, мелких насекомоядных и крупных хищных птиц. ***Пирамида биомассы*** отражает количество органического вещества, накопленного на каждом трофическом уровне пищевой цепи. Пирамида биомассы в наземных экосистемах правильная. А в пирамиде биомассы для водных экосистем биомасса второго трофического уровня, как правило, больше биомассы первого при определении ее в конкретный момент. Но поскольку водные продуценты (фитопланктон) имеют высокую скорость образования продукции, то в конечном итоге их биомасса за сезон все равно будет

Правообладатель Народная асвета

больше биомассы консументов I порядка. А это значит, что в водных экосистемах также соблюдается правило экологической пирамиды. ***Пирамида энергии*** отражает закономерности расходования энергии на разных трофических уровнях.

Таким образом, запас вещества и энергии, накопленный растениями в пастбищных пищевых цепях, быстро расходуется (выедается), поэтому эти цепи не могут быть длинными. Обычно они включают от трех до пяти трофических уровней.

В экосистеме продуценты, консументы и редуценты связаны трофическими связями и образуют цепи питания: пастбищные и детритные. В пастбищных цепях действует правило 10 % и правило экологической пирамиды. Можно построить три типа экологических пирамид: чисел, биомассы и энергии.

1. Чем отличаются пастбищные цепи от детритных? **2.** Сформулируйте правило экологической пирамиды. Какие бывают типы экологических пирамид? В чем их особенности? **3.** Составьте пастбищную цепь питания, выбрав нужные звенья из следующих компонентов: осина, дятел, береза, синица, аист, гусеница березовой пяденицы, коршун. **4.** Составьте детритную цепь питания, выбрав нужные звенья из следующих компонентов: змея, погибшая птица, почвенные бактерии, личинки мух, травяная лягушка, плесневые грибы, минеральные вещества. **5.** Установите соответствие между типами цепей питания и их возможными пищевыми звеньями. *Цепи питания*: 1. Пастбищные. 2. Детритные. *Пищевые звенья*: а) заяц; б) остромордая лягушка; в) плесневые грибы; г) стрекоза; д) многоножка; е) осина; ж) фитопланктон; з) плотва; и) дождевой червь; к) лось; л) мокрица; м) жук мертвоед; н) луговые злаки; о) почвенные бактерии. **6.** В степных районах проводилось истребление сусликов путем разбрасывания отравленной приманки. Помимо сусликов, гибли лисицы, не поедавшие эту приманку. Объясните с экологической точки зрения причины гибели лисиц. **7.** Постройте экологическую пирамиду энергии, соблюдая правило 10 %, для пищевой цепи луга: клевер луговой → бабочка → лягушка → змея, если биомасса змеи за лето увеличилась на 0,2 кг.

§ 20. Продуктивность экосистем

Понятие о биомассе и продукции экосистемы. Как вы уже знаете, вещества в экосистеме используются многократно, превращаясь по принципу круговорота. Причем в движении веществ участвуют живые организмы, поэтому круговорот веществ является биогенным. Он начинается с поступления химических элементов из почвы (вода и минеральные соли) и атмосферы (углекислый газ) в живые организмы — продуценты. Продуценты синтезируют органические вещества, часть которых дальше передается по пищевой цепи консументам, а часть остается неиспользованной. Определенное количество органических веществ продуцентов и консументов возвращается в почву с трупным материалом, экскрементами

Правообладатель Народная асвета

(детрит). В результате деятельности редуцентов они превращаются в минеральные вещества, атомы которых снова вовлекаются продуцентами в круговорот. Но совершенно замкнутым круговорот веществ быть не может. Атомы некоторых химических элементов могут на длительное время выводиться из круговорота, накапливаясь в литосфере в составе известняка (мела), каменного угля, природного газа, нефти, торфа, руд различных металлов.

Превращение энергии в экосистеме идет несколько иначе, чем превращение веществ. Поток солнечной энергии, поступивший в экосистему, как бы разделяется на два русла — *пастбищное* и *детритное*. В каждом из них энергия расходуется на поддержание жизнедеятельности организмов. Соотношение количества энергии, проходящей через пастбищные и детритные цепи, в разных типах экосистем разное. Потеря энергии в пищевых цепях может быть восполнена только за счет поступления новых порций солнечной энергии или готового органического вещества (энергия корма). Поэтому в экосистеме не может быть круговорота энергии, аналогичного круговороту веществ. Экосистема функционирует только за счет направленного потока энергии.

Благодаря многократному использованию вещества и постоянному притоку энергии экосистемы способны длительно поддерживать стабильное существование. Населяющие их продуценты, консументы и редуценты при этом обеспечивают возобновление своей биомассы, несмотря на то что запас веществ в биосфере ограничен и не пополняется. Скорость возобновления биомассы организмов экосистемы называется *биологической продуктивностью*. Она выражается количеством образующейся продукции.

Продукция экосистемы — количество биомассы, образующейся в экосистеме на единице площади или в единице объема биотопа за единицу времени.

Экосистемы сильно различаются по количеству образующейся продукции. Она убывает в следующей последовательности: тропический лес субтропический лес лес в зоне умеренного климата степь океан пустыня.

Образующаяся продукция может по-разному расходоваться в разных экосистемах. Если скорость ее потребления отстает от скорости образования, то это ведет к приросту *биомассы экосистемы* и накоплению избытка детрита. В результате будет наблюдаться образование торфа на болотах, зарастание мелких водоемов, создание запаса подстилки в таежных лесах и т. д. В стабильных экосистемах практически вся образующаяся продукция тратится в сетях питания. В результате биомасса экосистемы остается практически постоянной.

Биомасса экосистемы — общее количество органического вещества всех живых организмов, накопившегося в данной экосистеме за предыдущий период ее существования.

Правообладатель Народная асвета

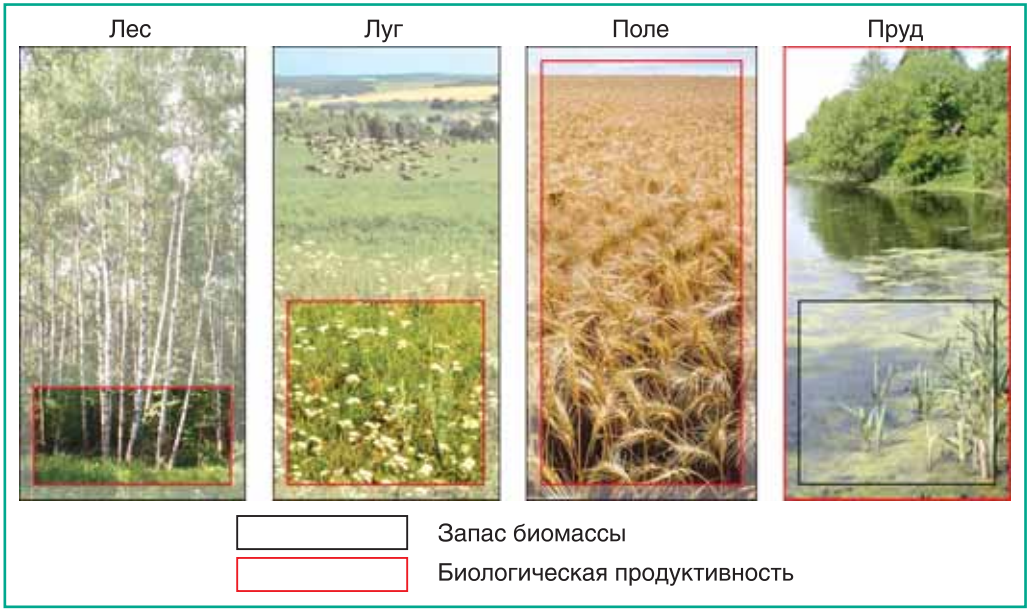


Рис. 33. Соотношение биомассы и биологической продуктивности в разных экосистемах

Биомасса экосистемы выражается в единицах сырой массы или массы сухого органического вещества на единицу площади: в г/м^2, кг/м^2, кг/га, т/км^2 (наземные экосистемы) или на единицу объема (водные экосистемы).

Биомасса экосистемы и ее биологическая продуктивность могут сильно отличаться (рис. 33). Например, в густом лесу общая биомасса организмов очень велика по сравнению с ее годовым приростом — продукцией. Тогда как в пруду небольшая накопленная биомасса фитопланктона имеет высокую скорость возобновления — образования продукции за счет быстрого размножения.

Первичная и вторичная продукция. В зависимости от того, какие вещества и энергия используются для возобновления биомассы, в экосистеме различают *первичную* и *вторичную продуктивность*. Соответственно, образующаяся при этом продукция называется первичной и вторичной.

Первичная продукция — биомасса, созданная автотрофными организмами (продуцентами) из минеральных веществ в процессе фото- или хемосинтеза. Основное количество возникающих таким путем органических веществ создают зеленые растения. Эффективность превращения поглощаемой ими солнечной энергии в энергию химических связей органических веществ составляет в среднем 1 %. Эта закономерность получила название ***правила 1 %***. Первичная

Правообладатель Народная асвета

продукция является очень важной характеристикой экосистемы. Именно накопленная в ней энергия позволяет существовать всем гетеротрофным организмам (консументам и редуцентам) и создавать свою продукцию.

Вторичная продукция — биомасса, созданная гетеротрофными организмами (консументами и редуцентами) из органического вещества после его частичного расщепления.

Как первичная, так и вторичная продукция на трофических уровнях в пастбищных цепях могут использоваться для разных целей (рис. 34). Вся первичная продукция, созданная продуцентами в результате фотосинтеза, называется *валовой первичной продукцией* (ВПП). Она является единственным источником энергии для консументов. Та часть продукции предыдущего трофического уровня, которая потребляется организмами последующего трофического уровня, условно называется *кормом* (К). Часть корма на каждом трофическом уровне затрачивается организмами на поддержание процессов жизнедеятельности — *траты на дыхание* (ТД). А вторая его часть после частичного расщепления используется на образование биомассы консументов — *вторичной продукции* (ВтП). Продукция продуцентов, которая может быть съедена консументами I порядка, называется *чистой первичной продукцией* (ЧПП).

Однако не вся продукция, образовавшаяся на трофическом уровне, переходит на следующий уровень в качестве корма. Часть ее, как правило, остается на трофическом уровне в качестве запаса — *неиспользуемая продукция* (НП). Совокупность неиспользованной продукции всех трофических уровней экосистемы составляет чистую продукцию сообщества.

Чистая продукция сообщества (ЧПС) — часть продукции экосистемы, которая может быть использована в пределах самой экосистемы для ее развития. Она также может быть изъята человеком без ущерба для экосистемы. В молодых экосистемах, где численность консументов еще невелика, запас чистой продукции сообщества большой. Такие экосистемы можно вовлекать в хозяйственный оборот. По мере усложнения видового состава экосистемы количество чистой продукции сообщества постепенно снижается. На конечной стадии развития экосистемы оно приближается к нулю. Вмешательство в такие равновесные экосистемы чревато нарушением пищевых связей между организмами и может привести к разрушению экосистем.

При распределении первичной и вторичной продукции на трофических уровнях экосистемы соблюдается *балансовое равенство*. Это значит, что на каждом трофическом уровне сумма всех видов продукции равна количеству продукции, поступившей из предыдущего уровня в качестве корма. При решении задач на

Правообладатель Народная асвета

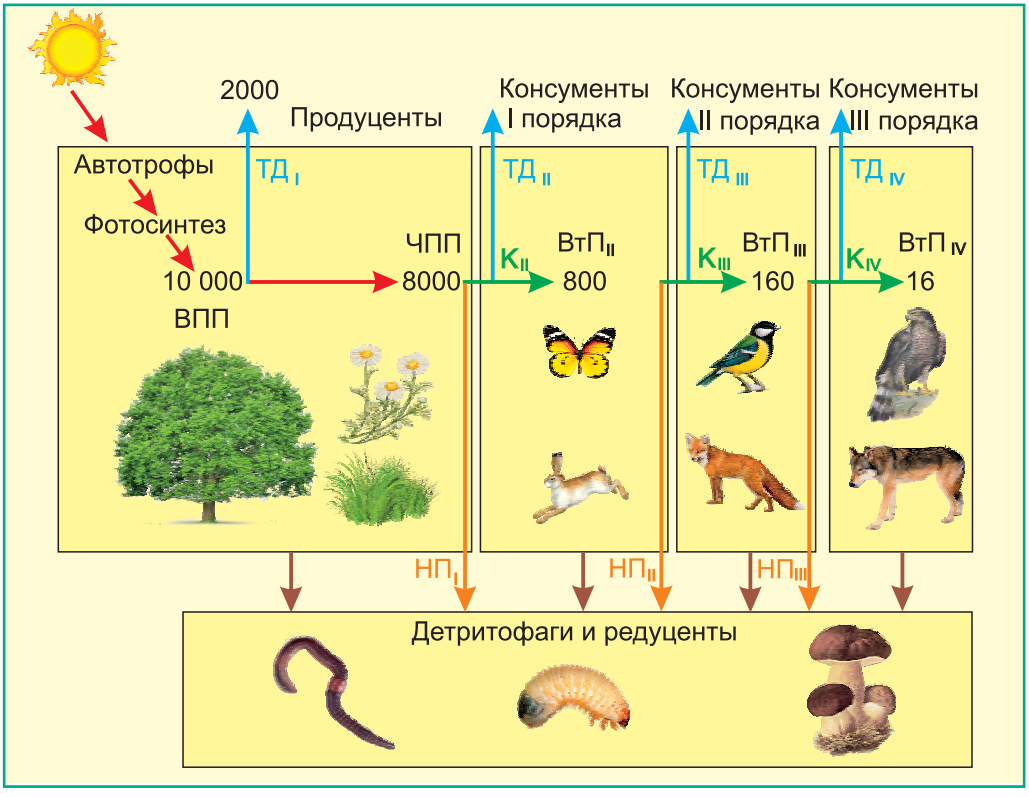


Рис. 34. Схема распределения продукции в экосистеме:
→ — солнечная энергия; → — корм (К); → — траты на дыхание (ТД); → — неиспользуемая продукция (НП); → — детрит

балансовое равенство следует учитывать следующие закономерности распределения видов продукции в экосистеме:

1) валовая первичная продукция (ВПП) = траты на дыхание ($ТД_I$) + чистая первичная продукция (ЧПП);

2) чистая первичная продукция (ЧПП) = неиспользуемая продукция ($НП_I$) + + корм ($К_{II}$);

3) корм ($К_{II}$) = траты на дыхание ($ТД_{II}$) + вторичная продукция ($ВтП_{II}$);

4) вторичная продукция ($ВтП_{II}$) = неиспользуемая продукция ($НП_{II}$) + корм ($К_{III}$) и т. д;

5) чистая продукция сообщества (ЧПС) = неиспользуемая продукция ($НП_I$) + + неиспользуемая продукция ($НП_{II}$) + ... + неиспользуемая продукция ($НП_n$).

Правообладатель Народная асвета

Римская цифра в подстрочном индексе обозначает номер трофического уровня в пищевой цепи.

Примеры решения задач на балансовое равенство приведены в конце пособия (***Приложение В***).

В экосистеме происходит непрерывный круговорот веществ и направленный поток энергии. Благодаря этому идет образование биомассы организмов. Скорость возобновления биомассы называется биологической продуктивностью. Она выражается количеством продукции — биомассой, образующейся на единице площади или в единице объема за единицу времени. Различают первичную и вторичную продукции. Вся неиспользованная продукция называется чистой продукцией сообщества.

1. Дайте определение продукции и биомассы экосистемы. **2.** Как изменение соотношения продукции и биомассы в экосистеме может повлиять на ее состояние? Приведите примеры. **3.** Какая продукция называется первичной, а какая — вторичной? Почему? **4.** Докажите, что круговорот веществ в экосистеме является результатом взаимодействия продуцентов, консументов и редуцентов. Объясните, почему в экосистеме нет круговорота энергии. **5.** Что такое чистая продукция сообщества? Как она изменяется по мере развития экосистемы? **6.** Из перечисленных ниже экосистем установите последовательность, в которой будет наблюдаться убывание количества образующейся продукции: степь, лес зоны умеренного климата, пустыня, океан, тропический лес, субтропический лес. **7.** Перечисленные в скобках экосистемы (пруд, лес, луг) расположите в последовательности увеличения показателя отношения биологической продуктивности к запасу биомассы. Объясните причину различий данного показателя в этих экосистемах.

§ 21. Биотические взаимоотношения популяций в экосистемах

Как известно, между популяциями разных видов в экосистеме возникают трофические, топические, форические и фабрические связи. На основе этих связей формируются различные биотические взаимоотношения, которые могут по-разному отражаться на численности и жизнеспособности популяций разных видов в экосистеме.

Американский эколог Ю. Одум предложил классифицировать биотические взаимоотношения по характеру их влияния на взаимодействующие виды. Согласно этой классификации любое взаимоотношение можно описать с помощью сочетания двух символов, показывающих его последствия для видов. Символ «0» означает отсутствие заметных для вида последствий данного взаимоотношения. Польза для вида от взаимодействия с другим видом обозначается символом «+», а отрицательное влияние — символом «−». Используя эти символы, характеристику наиболее распространенных в экосистеме типов взаимоотношений видов представим в таблице 3.

Правообладатель Народная асвета

Таблица 3. **Классификация биотических взаимоотношений**

Тип взаимоотношений	Вид А	Вид Б	Характеристика взаимодействия
Конкуренция	–	–	Прямое и непрямое подавление обоих видов при дефиците общего ресурса
Паразитизм	+	–	Паразит получает пользу, а хозяин угнетается
Хищничество	+	–	Хищник получает пользу, а жертва несет урон
Комменсализм	+	0	Вид А получает пользу, а виду Б это взаимодействие безразлично
Мутуализм	+	+	Взаимодействие благоприятно для обоих видов и обязательно

Для регуляции численности популяций в экосистеме наибольшее значение имеют такие взаимоотношения, как конкуренция и хищничество.

Конкуренция (от лат. *concurrentia* — соперничество) — взаимоневыгодный тип взаимоотношений между видами со сходными потребностями. Она проявляется либо в форме агрессии, когда организмы вступают в прямую, открытую борьбу (*прямая конкуренция*), либо в форме *косвенной конкуренции* за ресурс. В результате прямой конкуренции особи уничтожают друг друга путем прямого нападения. Например, серая крыса крупнее и агрессивнее черной, в схватках чаще одерживает верх. Поэтому в поселениях человека в Европе серая крыса почти вытеснила черную. В случае косвенной конкуренции численность популяций обоих видов снижается вследствие гибели особей из-за недостатка общего ресурса. Примером может служить конкуренция между растениями разных видов за свет, воду и минеральные вещества. Было замечено, что близкородственные виды с одинаковыми потребностями, как правило, не существуют вместе. Один вид (более конкурентоспособный) вытесняет другой (менее конкурентоспособный). Этот принцип важно учитывать при вселении видов в другую среду.

Хищничество — тип взаимоотношений видов разных трофических уровней, когда один вид (*хищник*) живет за счет другого (*жертвы*) в результате его умерщвления и поедания. По сути дела к этому типу взаимоотношений можно отнести все варианты трофических связей. Однако когда в качестве жертвы выступают растения, то эти взаимоотношения называют *растительноядностью*. В ходе эволюции хищник и жертва параллельно эволюционируют, приспосабливаясь друг к другу (*коэволюция*). Примерами хищничества являются взаимоотношения: паук — муха, сова — мышь, удав — кролик, каракатица — рыба-иглобрюх и др.

Совокупность таких взаимоотношений, как паразитизм, комменсализм и мутуализм, называют симбиозом.

Правообладатель Народная асвета

Симбиоз (от греч. *symbíōsis* — совместная жизнь) — длительное сожительство двух или нескольких видов, извлекающих из него взаимную или одностороннюю пользу. Основой для симбиоза могут быть трофические и топические связи. При этом каждый из симбионтов либо может жить самостоятельно, либо один из них (или оба) оказывается в такой зависимости от другого, что самостоятельно существовать не может. По характеру отношений между партнерами выделяют три типа симбиоза.

Паразитизм (от греч. *parásitos* — нахлебник) — тип взаимоотношений организмов разных видов, из которых один (паразит) использует другого (хозяина) в качестве среды обитания и источника пищи. Паразитизм возник на основе трофических и топических связей. Паразит всегда меньше хозяина, он ослабляет, но не уничтожает хозяина, иначе погибнет сам. Паразитизм распространен среди мелких организмов — вирусов, бактерий, грибов. Встречается и среди некоторых растений (повилика, заразиха), червей и др. В ходе эволюции формируются взаимные приспособления паразита и хозяина (*коэволюция*). Примерами паразитизма могут служить следующие взаимоотношения: аскарида — человек, печеночный сосальщик — крупный рогатый скот, фитофтора — томаты.

Паразитизм, так же как хищничество и конкуренция, играет важную роль в регуляции численности популяций в природе. Неразумное вмешательство в эти взаимоотношения часто наносит вред природе и человеку.

Комменсализм (от лат. *commensalis* — сотрапезник) — тип взаимоотношений, при котором один вид извлекает пользу, не принося ни вреда, ни пользы другому виду. Если взаимоотношения возникают на основе трофических связей, то такая форма комменсализма называется нахлебничеством. Например, птицы питаются остатками пищи крокодилов (рис. 35), а песцы доедают остатки трапезы белого медведя. Если же виды взаимодействуют на основе топических связей,

Нахлебничество

Квартирантство

Рис. 35. Комменсализм

Правообладатель Народная асвета

то это проявление комменсализма называется квартирантством. Например, рыбы-прилипалы и водная черепаха (см. рис. 35), беспозвоночные в гнездах птиц.

Мутуализм (от лат. *mutuus* — взаимный) — взаимовыгодный и обязательный для жизни хотя бы одного из видов тип взаимоотношений. При нарушении этих взаимоотношений жизнь одного или обоих видов становится невозможной. Примером могут служить отношения клубеньковых бактерий и бобовых растений, шляпочного гриба и древесного растения (рис. 36).

Рис. 36. Мутуализм (микориза, образованная масленком на корнях лиственницы)

Биотические взаимоотношения имеют большое экологическое значение. Они участвуют в саморегуляции любой экосистемы, помогая сохранить ее устойчивость. Комменсализм обеспечивает максимальное использование пищевых ресурсов и среды обитания. Паразиты и хищники регулируют численность популяций хозяина и жертвы. Жертва, уходя от своего преследователя, расселяется и расширяет свой ареал. Взаимовыгодные взаимоотношения способствуют лучшему выживанию видов, их размножению, то есть поддерживают видовое многообразие.

Биотические взаимоотношения в экосистеме формируются на основе связей между популяциями разных видов. Наибольшее значение для регуляции численности популяции имеют: конкуренция, хищничество, симбиоз (паразитизм, комменсализм, мутуализм). Устойчивость экосистемы обеспечивается благодаря взаимоуравновешиванию этих отношений.

1. Какие типы взаимоотношений могут возникать между популяциями разных видов? **2.** В саваннах Африки в одних и тех же условиях обитают растительноядные карликовая антилопа, жирафовидная антилопа и антилопа гну. Почему между ними нет жесткой конкуренции за пищу? **3.** Хищные млекопитающие имеют немало особенностей, помогающих им на охоте. Однако в природе численность самих хищников и их жертв остается примерно на одном уровне. Почему? **4.** Установите соответствие между типами взаимоотношений и их примерами. *Типы взаимоотношений*: 1. Пара-

Правообладатель Народная асвета

зитизм. 2. Комменсализм. 3. Мутуализм. 4. Конкуренция. 5. Хищничество. *Примеры*: а) подосиновик — осина; б) песцы — белый медведь; в) рыбы-прилипалы — водные черепахи; г) фитофтора — томаты; д) пауки — мухи; е) клубеньковые бактерии — бобовые растения; ж) печеночный сосальщик — крупный рогатый скот; з) серая крыса — черная крыса; и) удав — кролик; к) культурные растения — сорняки. **5.** Существует представление о том, что одни виды организмов вредны, а другие полезны. Правильно ли это? Дайте аргументированный ответ и подтвердите его примерами.

§ 22. Динамика экосистем

Любая экосистема достаточно изменчива, несмотря на относительную стабильность ее структуры. Изменение состояния экосистемы в ответ на изменение условий среды называется *динамикой экосистемы*. Тип динамики зависит от характера изменения экологических факторов среды. Под их влиянием происходит изменение свойств и структуры популяций, их взаимоотношений и состава. Изменение факторов среды может носить циклический или однонаправленный характер. Вследствие этого могут возникать *периодические* или *поступательные* изменения экосистемы.

Сезонная динамика экосистем — периодические изменения экосистем, связанные со сменой времен года. Вы уже знаете, что смена времен года происходит вследствие вращения Земли вокруг Солнца. При этом важную роль играет расположение ее оси под углом к плоскости орбиты. В зависимости от положения Земли относительно Солнца в экосистему поступает разное количество солнечного света, тепла, влаги. Наиболее резкие изменения этих факторов при смене времен года наблюдаются в умеренных и высоких широтах. Именно в направлении от экватора к полюсам отмечается усиление выраженности сезонной динамики экосистем.

В растительном сообществе в течение года четко прослеживается чередование определенных периодов. После зимнего покоя наступает активная вегетация, цветение, плодоношение, затем листопад и подготовка к зиме.

В животном мире размножение особей связано с наличием кормовой базы для потомства, которая также зависит от времени года. Например, клесты выводят птенцов в февральские морозы, когда вскрываются еловые шишки и имеется обилие семян. Грачи выкармливают своих птенцов дождевыми червями ранней весной, когда их легко добывать на вспаханном поле.

Сезонные изменения обеспечивают выживание видов в течение года, когда климатические условия изменяются в широких пределах. Например, при наступлении неблагоприятного периода происходят миграции и кочевки у птиц. Некоторые млекопитающие впадают в спячку, у пресмыкающихся и земноводных наступает оцепенение, у протистов образуются цисты.

Правообладатель Народная асвета

В результате сезонных изменений наблюдается изменение не только качественных, но и количественных характеристик экосистемы. Некоторые виды практически полностью исключаются из жизни сообщества в определенные периоды (спячка, оцепенение, миграции и т. д.). Сезонной изменчивости подвержены и ярусы. Некоторые ярусы могут полностью исчезать в определенный сезон: например, растения-однолетники зимой. Все вышеперечисленные изменения носят периодический характер. Они не изменяют саму сущность экосистемы, поэтому и не приводят к ее смене. Например, летний лес сильно отличается от зимнего как качественно, так и количественно. Но он по-прежнему остается лесом, а не становится, например, лугом.

Понятие экологической сукцессии. Поступательные изменения экосистемы происходят вследствие однонаправленного изменения условий среды. Причиной изменения условий среды в экосистеме могут быть как внешние (изменение климата), так и внутренние (жизнедеятельность популяций) факторы. В результате направленного изменения абиотических и биотических факторов среды существующие в экосистеме популяции начинают вымирать. Новые условия среды становятся непригодными для их существования. Сила воздействия экологических факторов выходит за пределы выносливости популяций. Вместо них заселяются новые популяции, для которых эти условия благоприятны. Это приводит к смене одного биоценоза другим с новым набором видов. В результате происходит смена всей экосистемы. Новая экосистема сменится следующей определенной экосистемой по той же причине. И так будет продолжаться до тех пор, пока не стабилизируются условия среды. Это приведет к формированию конечной равновесной экосистемы, и *сукцессия* завершится.

Сукцессия (от лат. *successio* — преемственность, последовательность) — ***закономерная, последовательная смена одних экосистем другими на определенной территории под влиянием направленного изменения природных факторов или деятельности человека.***

Цепь сменяющих друг друга экосистем называется *сукцессионным рядом* или *серией*, а сами экосистемы — *сериальными стадиями*. Экосистема, в которой достигается равновесное состояние сообщества и окружающей среды, называется *климаксовой стадией* или *климаксом* (от греч. *klímax* — зрелая ступень). Типичными климаксовыми экосистемами являются тундра, тайга, ковыльная степь. Теоретически климаксовая экосистема способна поддерживать себя неограниченно долго. В отличие от сериальных стадий годовая продукция климаксовой экосистемы уравновешивает ее годовое потребление.

Выделяют два основных типа сукцессий в зависимости от первоначального состояния субстрата — первичные и вторичные.

Первичные сукцессии начинаются на месте, ранее лишенном жизни. Например, на застывшей лаве после извержения вулканов, на морских островах после

Правообладатель Народная асвета

землетрясений, на песчаных дюнах, на голых скалах, наносах рек. При первичных сукцессиях сериальные стадии сменяют одна другую в течение значительного промежутка времени. Достижение климаксовой стадии занимает длительный период (столетия и тысячелетия). При этом начальные стадии значительно продолжительнее конечных.

Первичная сукцессия на песчаных дюнах происходит следующим образом. На голых песках поселяются некоторые злаки, ива остролистная и другие растения-псаммофиты (песколюбы). Они способны жить в условиях засухи. Вместе с ними будут заселяться норные пауки, кузнечики, роющие осы. Потом появляется разнотравье. Создается органическое вещество, обогащающее субстрат. Появляется сосна, которая закрепляет пески, потом лиственные породы. Богаче становится животный мир. Новые места заселяют муравьи, кобылки, жуки, дождевые черви, моллюски, грызуны и другие обитатели лиственного леса. Таким образом, главная роль в этой сукцессии принадлежит растениям. Они вызывают изменения в почве, служащие основой для изменения видового состава экосистемы.

Вторичные сукцессии начинаются на месте разрушенной экосистемы. Примером может служить зарастание заброшенных полей, лесной вырубки, загрязненных водоемов. Вторичной сукцессией является также восстановление лугов и лесов после пожара, засухи, наводнения, эрозии. В современных условиях вторичные сукцессии наблюдаются повсеместно. Смена сериальных стадий и достижение климакса в этом случае происходит значительно быстрее (десятки и сотни лет), чем при первичных сукцессиях. В разрушенных экосистемах, в отличие от мест лишенных жизни, сохраняется почва, семена растений, некоторое количество живых обитателей. Благодаря этому начальные стадии вторичных сукцессий менее продолжительные, чем у первичных.

В качестве примера рассмотрим вторичную антропогенную сукцессию, протекающую на месте лесного пожара (рис. 37). В первые десять лет на месте пожарища развивается густой травостой из вейника наземного, иван-чая узколистного, марьянника дубравного и других видов в зависимости от типа угодий. В последующие 10—25 лет происходит зарастание кустарником. Первыми из деревьев появляются береза и осина. Их семена переносятся ветром и, прорастая, легко дают поросль. В течение 25—100 лет формируется лиственный лес. Со временем кроны деревьев смыкаются и для проростков создаются неблагоприятные условия. Под пологом берез и осин прорастают семена ели, и через 100—150 лет формируется смешанный лес. Ель, затеняя, постепенно вытесняет березу и осину. В результате смешанный лес через 150—250 лет заменяется еловым, который может существовать бесконечно долго. Еловый лес является климаксовой стадией, потому что под его пологом может идти возобновление только ели.

Правообладатель Народная асвета

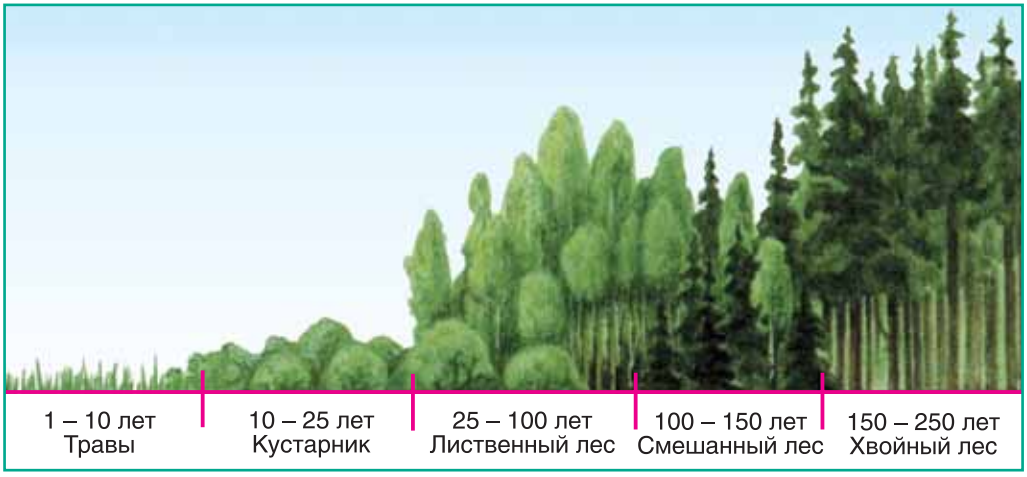


Рис. 37. Схема вторичной сукцессии на месте лесного пожара в умеренном поясе

Зрелая климаксовая экосистема обладает высокой устойчивостью. Чем больше разнообразие видов в экосистеме и сложнее трофические связи между ними, тем устойчивее экосистема. При высоком видовом разнообразии консументы имеют широкую сеть пищевых ресурсов. В случае недостатка или отсутствия одного вида корма они способны переключиться на другой источник питания. Это дает возможность недостающему корму восстановиться. Так устанавливается динамическое равновесие между пищевыми ресурсами и их потребителями в условиях постоянных изменений среды.

Сезонная динамика — периодические изменения экосистемы, связанные со сменой времен года. Она не приводит к смене экосистемы. Сукцессия — закономерная, последовательная смена одних экосистем другими на определенной территории. Она включает сериальные стадии и стадию климакса. Сукцессии бывают первичные и вторичные.

1. Чем сезонная динамика экосистемы отличается от сукцессии? **2.** Дайте определение сукцессии. Какие бывают типы сукцессий? **3.** Что такое климаксовая стадия сукцессии? Чем она отличается от сериальной стадии? **4.** Проанализируйте механизмы первичной и вторичной сукцессий. В чем их различие? **5.** Укажите, какие из перечисленных ниже сукцессий являются первичными, а какие — вторичными: восстановление луга после пожара, превращение водоема в болото, появление леса на месте вулканической лавы, превращение луга в пустырь, зарастание песчаной дюны. **6.** Составьте экологический прогноз протекания первичной сукцессии на месте застывшей вулканической лавы.

Правообладатель Народная асвета

§ 23. Агроэкосистемы и их особенности

Понятие об агроэкосистемах. Человек получает достаточно много разных видов продукции от природных экосистем. Тем не менее основным источником пищевых ресурсов для него является сельское хозяйство. Сельскохозяйственная деятельность человека способна изменять природные экосистемы. Кроме того, человек способен формировать искусственные экосистемы и поддерживать их существование с целью получения сельскохозяйственной продукции. Эти искусственные экосистемы называются агроэкосистемами.

Агроэкосистемы *(*от греч. *agrós* — поле*)* ***— искусственные экосистемы, созданные и используемые человеком для получения сельскохозяйственной продукции или отдыха.***

Агроэкосистемы занимают примерно 30 % свободной ото льда суши нашей планеты. Из них около 10 % приходится на пахотные земли, почти 20 % занимают пастбища.

В Республике Беларусь сельскохозяйственная продукция как товар играет важную роль в экономике. Площадь сельскохозяйственных угодий у нас составляет около 75 %. Из них на долю пахотных земель приходится примерно 60 %. Основными типами агроэкосистем в нашей стране являются: пахотные поля, сенокосы и пастбища, фруктовые сады, огороды, теплицы, фермы, пруды (рис. 38).

Индустриализация сельского хозяйства имеет не только плюсы, но и минусы. Современные агроэкосистемы представляют экологическую опасность для природных экосистем. Применяемые в них химические средства борьбы с вредителями — *пестициды* с помощью воды, воздуха по цепям питания переносятся в природные экосистемы, загрязняя их. Следовательно, нужно расширять применение биологических методов борьбы. Избыточное внесение минеральных и органических удобрений может вызывать загрязнение грунтовых вод и поверхностных водоемов. Сорняки и насекомые-вредители из агроэкосистем способны мигрировать в природные экосистемы и отрицательно влиять на них.

Для того чтобы снизить негативное воздействие агроэкосистем на природное окружение, в Республике Беларусь проводится большая работа по созданию продуктивных, высокоэкономичных и экологичных агрокомплексов.

Институт овощеводства НАН Республики Беларусь разработал комплекс машин по возделыванию овощных культур с применением современных технологий. Например, культиватор-опрыскиватель не только обрабатывает междурядья овощных культур, но и вносит растворимые пестициды и минеральные удобрения. Его можно использовать для обработки картофеля и других пропашных культур. Комбинированный посевной агрегат одновременно обрабатывает почву,

Правообладатель Народная асвета

Теплица

Поле

Сад

Пастбище

Рис. 37. Агроэкосистемы

готовит ее к севу и высевает пунктирным способом семена овощных культур. При этом он осуществляет дозированное внесение гранулированных минеральных удобрений. ОАО «Бобруйскагромаш» впервые выпустил машины для внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений. На этом предприятии разработаны машины для дозированного внесения твердых органических и минеральных удобрений.

Структура агроэкосистемы. Агроэкосистемы являются биосистемами того же уровня организации, что и природные экосистемы. Они включают сообщество и биотоп, которые связаны обменом вещества и энергии.

Сообщество состоит из продуцентов, консументов и редуцентов. Они взаимодействуют за счет трофических связей, благодаря чему осуществляется круговорот веществ. Отличие сообщества агроэкосистемы от природного сообщества отмечается на уровне видового состава функциональных групп организмов и их взаимосвязей. Каждая функциональная группа состоит из небольшого количества специфичных видов. Среди продуцентов доминирует культурный вид растений,

Правообладатель Народная асвета

имеется несколько видов сопутствующих сорняков. Консументы представлены беспозвоночными, паразитическими грибами и бактериями, питающимися преимущественно культурными растениями. Иногда могут присутствовать мелкие грызуны, некоторые птицы. На пастбищах доминируют виды домашних животных. Функцию редуцентов выполняют почвенные грибы, бактерии, дождевые черви. Человек постоянно нарушает взаимодействие видов в сообществе, осуществляя различные приемы агротехники.

Отличия агроэкосистем от природных экосистем. Агроэкосистемы существенно отличаются от природных экосистем (табл. 4).

Таблица 4. **Сравнительная характеристика экосистем**

Критерии сравнения	Природные экосистемы	Агроэкосистемы
Происхождение	Первичные естественные структурные единицы биосферы, образовавшиеся в результате длительной эволюции	Вторичные искусственные структурные единицы биосферы, созданные человеком
Видовая структура	Сложные системы с большим видовым разнообразием, в которых доминирует несколько видов. Видовая структура формируется под действием факторов среды. Культурные (сельскохозяйственные) растения отсутствуют	Упрощенные системы с небольшим видовым разнообразием. В них доминирует, как правило, один культивируемый человеком вид растений или животных. Видовая структура формируется как под действием факторов среды, так и при определяющей роли человека
Устойчивость	Свойственно устойчивое динамическое равновесие за счет саморегуляции и разнообразия трофических связей. Пищевые цепи длинные (3—5 звеньев), а пищевая сеть сложная	Неустойчивы, без поддержки человека быстро разрушаются. Саморегуляция отсутствует. Пищевые цепи короткие (2—3 звена), пищевая сеть простая
Продуктивность	Продуктивность определяется количеством поступающей солнечной энергии и степенью замкнутости круговорота веществ	Продуктивность определяется количеством совокупной энергии (солнечная энергия + энергия, привносимая человеком), поступающей в систему. Она зависит от технической базы и экономических возможностей общества

Правообладатель Народная асвета

Продолжение табл.

Критерии сравнения	Природные экосистемы	Агроэкосистемы
Круговорот веществ	Круговорот веществ полный и замкнутый. Вся чистая первичная продукция используется консументами и редуцентами	Круговорот веществ неполный и незамкнутый. Основную часть чистой первичной продукции в виде урожая человек изымает для своих потребностей и на корм скоту. Изъятые на уровне продуцентов вещества восполняются на уровне детритных цепей в виде органических (детрит) или минеральных удобрений
Экологическая безопасность	Экологически безопасны, не являются источником загрязняющих веществ	Экологически опасны, являются источником загрязняющих веществ. Способны влиять на устойчивость природных экосистем

Агроэкосистемы — искусственные системы, созданные и поддерживаемые человеком с целью получения сельскохозяйственной продукции или отдыха. Отличительными особенностями агроэкосистем являются: небольшое видовое разнообразие, низкая устойчивость, неспособность к саморегуляции, неполный и незамкнутый круговорот веществ, наличие дополнительного источника энергии, высокая биологическая продуктивность.

1. Сравните агроэкосистемы и природные экосистемы. В чем их различие? **2.** Объясните, почему в агроэкосистемах насекомые-вредители могут достигать высокой численности, а в природных экосистемах их численность относительно постоянна. **3.** Почему в агроэкосистемах круговорот веществ неполный и незамкнутый? **4.** Отнесите перечисленные ниже объекты к природным экосистемам или к агроэкосистемам: океан, огород, степь, озеро, парк, альпийский луг, яблоневый сад, тропический лес, пшеничное поле. **5.** Объясните, почему агроэкосистемы неустойчивы и быстро разрушаются без поддержки человека. Предложите пути повышения их устойчивости.

Правообладатель Народная асвета

Глава 4

Эволюция органического мира

В этой главе вы сможете узнать об основных предпосылках и движущих силах, обеспечивающих историческое развитие живой природы. Убедитесь, что основным результатом эволюции являются адаптации. Выясните, что при наличии изоляции между популяциями в пределах вида происходит видообразование. Его результатом является сегодняшнее видовое многообразие. В конце главы вы познакомитесь с современной биологической систематикой. Вы также узнаете о существовании неклеточной формы жизни — вирусов.

§ 24. Основные гипотезы происхождения жизни

Вопрос о происхождении жизни является одним из наиболее трудных вопросов современного естествознания. Однако к нему во все времена был прикован большой интерес. Трудность получения ответа на этот вопрос состоит в том, что сложно точно воспроизвести процессы и явления, происходившие во Вселенной миллиарды лет назад. В то же время нынешнее многообразие форм и проявлений жизни на Земле приковывает к этой проблеме самое пристальное внимание. Сегодня выделяют следующие основные гипотезы происхождения жизни.

Креационизм. Согласно этой гипотезе жизнь и все населяющие Землю виды живых существ созданы Богом. Причем божественное сотворение мира произошло одномоментно, поэтому сам процесс создания жизни не доступен для наблюдений во времени. Кроме того, креационизм не дает ясного толкования происхождения самого Бога Творца и поэтому носит характер постулата. Знаменитый шведский естествоиспытатель К. Линней, а также выдающийся русский химик М. В. Ломоносов поддерживали данную догму возникновения жизни.

Гипотеза самопроизвольного зарождения. Эта гипотеза является разновидностью ***абиогенеза*** — происхождение жизни из неживого вещества. Данная гипотеза явилась альтернативой креационизму, когда накопленные знания людей о живой природе подвергли сомнению сотворение жизни Богом. Философы Древней Греции и естествоиспытатели средневековой Европы верили в появление живых организмов из неживой материи. Они считали и пытались доказать, что лягушки и насекомые заводятся в сырой почве, мухи — в гнилом мясе и т. д. Взгляды о самопроизвольном зарождении жизни были распространены практически до кон-

Правообладатель Народная асвета

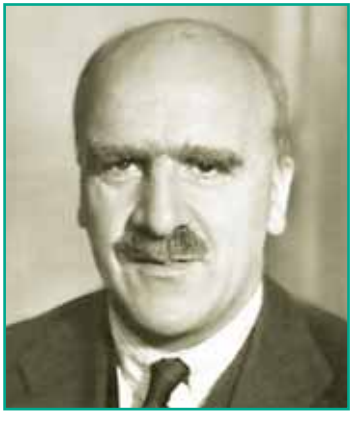
А. И. Опарин (1894—1980) — русский биохимик. Выдвинул гипотезу возникновения жизни на Земле (1922)

ца XVIII в. Только в середине XIX в. французский ученый Луи Пастер доказал, что бактерии вездесущи. При этом любые неживые объекты «заражаются» ими, если не проводить стерилизацию. Таким образом, Пастер подтвердил теорию ***биогенеза*** — жизнь может возникнуть только из предшествующей жизни. Ученый окончательно опроверг концепцию самопроизвольного зарождения жизни.

Гипотеза панспермии. В 1865 г. немецкий ученый Г. Рихтер предложил гипотезу ***панспермии***, согласно которой жизнь могла быть занесена на Землю из космоса вместе с метеоритами и космической пылью. Сторонником этой гипотезы был великий русский ученый, создатель современного учения о биосфере В. И. Вернадский. Современные исследования подтверждают высокую устойчивость некоторых микроорганизмов и их спор к радиации и низким температурам. В последнее время появились сообщения о том, что в метеоритах обнаружены следы органического вещества. При изучении ближайшей к Земле планеты Марс были найдены структуры, похожие на бактерии, и следы воды. Однако указанные находки не отвечают на вопрос о происхождении жизни.

Биохимическая гипотеза возникновения жизни является наиболее распространенной в настоящее время. Эту гипотезу предложили в 20-е гг. прошлого века русский биохимик А. И. Опарин и английский биолог Дж. Холдейн. Она легла в основу научных представлений о происхождении жизни.

Суть данной гипотезы заключается в том, что на ранних этапах развития Земли существовал продолжительный период абиогенеза. Живые организмы в нем участия не принимали (рис. 39, *1*). Для синтеза органических соединений источником энергии служило ультрафиолетовое излучение Солнца. Солнечная радиация не задерживалась озоновым слоем, потому что ни озона, ни кислорода в атмосфере древней Земли не было. Синтезированные аминокислоты, сахара и другие органические соединения



Дж. Холдейн (1892—1964) — английский биолог, подтвердивший генетическую основу эволюции и мутагенеза

Правообладатель Народная асвета

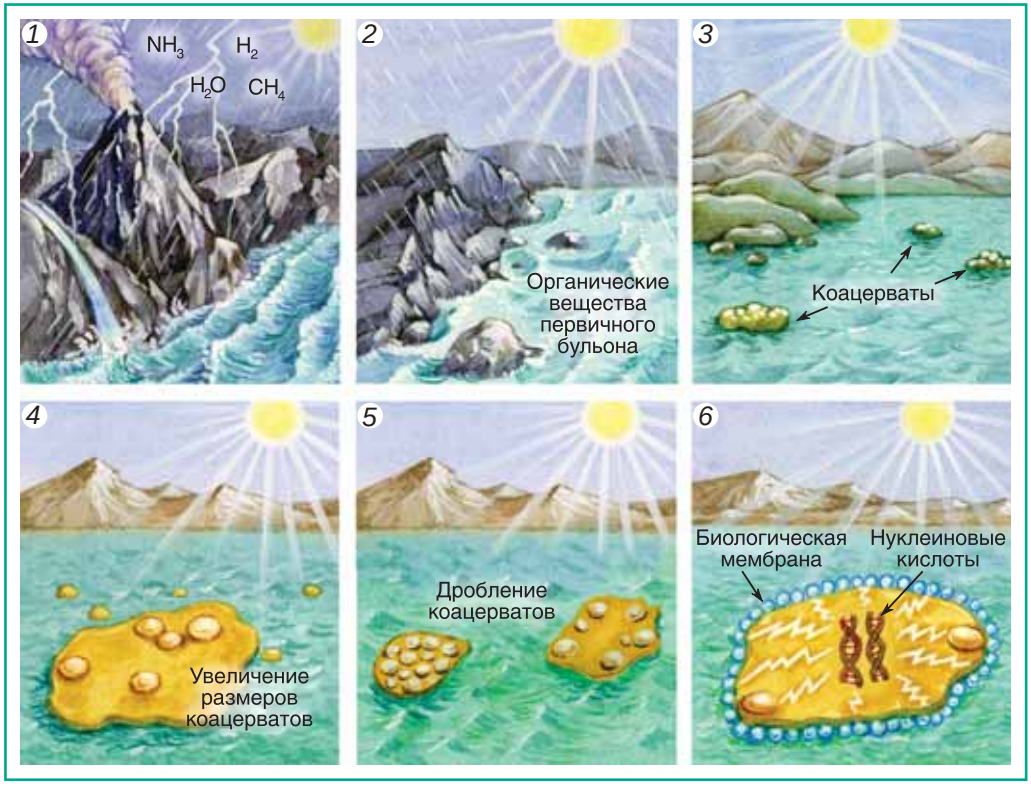


Рис. 39. Схема зарождения жизни согласно биохимической гипотезе Опарина—Холдейна

в течение десятков миллионов лет запасались в древнем океане. Их накопление в итоге привело к образованию однородной массы, которая была названа Опариным «первичным бульоном». По мнению Опарина, именно в «первичном бульоне» и возникла жизнь (рис. 39, *2*).

Опарин считал, что решающая роль в превращении неживого в живое принадлежит белкам. Именно белки способны образовывать коллоидные комплексы, притягивающие к себе молекулы воды. Такие комплексы, сливаясь друг с другом, формировали *коацерваты* — структуры, обособленные от остальной массы воды (рис. 39, *3*).

Коацерваты обладали некоторыми свойствами живого. Они могли избирательно поглощать из окружающего раствора вещества и увеличиваться в размерах — некое подобие питания и роста (рис. 39, *4*). При дроблении коацерватов образовывались новые капли, сохранявшие основные свойства исходного образования — подобие размножения (рис. 39, *5*). Но для превра-

Правообладатель Народная асвета

щения в первые живые организмы коацерватам не хватало биологических мембран и генетической информации, обеспечивающей воспроизводство.

Следующим шагом в зарождении жизни стало появление мембран. Они могли образовываться из липидных пленок, покрывающих поверхность водоемов. Далее к таким липидным образованиям присоединялись растворенные в воде белки. В результате поверхность коацерватов приобретала структуру и свойства биологической мембраны. Такая мембрана уже могла пропускать внутрь одни вещества и не пропускать другие (рис. 39, *6*).

Дальнейшее объединение коацерватов с нуклеиновыми кислотами привело к образованию саморегулирующихся и самовоспроизводящихся первых живых организмов — *протобионтов*. Эти примитивные первичные организмы были анаэробами и гетеротрофами, питавшимися веществами «первичного бульона». Таким образом, спустя 1 млрд лет, согласно этой гипотезе, завершилось зарождение жизни на Земле.

В настоящее время выделяют следующие основные гипотезы происхождения жизни: гипотезы креационизма, самопроизвольного зарождения, панспермии и биохимическую. Среди современных взглядов ученых на происхождение жизни важнейшее место занимает биохимическая гипотеза. Согласно ей, жизнь на Земле возникла за продолжительный отрезок времени в отсутствие кислорода при наличии химических веществ и постоянного источника энергии.

1. В чем заключаются принципиальные отличия гипотез происхождения жизни? **2.** В чем несостоятельность гипотезы самопроизвольного зарождения жизни? **3.** Какие современные научные данные можно привести в поддержку гипотезы панспермии? **4.** Охарактеризуйте сущность биохимической гипотезы зарождения жизни. В каких, на ваш взгляд, условиях могли возникнуть живые организмы? Ответ обоснуйте. **5**. Почему синтез учеными-химиками первых органических соединений подорвал идеи креационизма? Ответ обоснуйте.

§ 25. Общая характеристика теории эволюции Чарльза Дарвина

Развитие эволюционных взглядов. Термин «*эволюция*» (от лат. *evolutio* — развертывание) был введен в науку в середине XVIII в. швейцарским зоологом Шарлем Бонне.

Биологическая эволюция — поступательный направленный исторический процесс изменения живых организмов и их сообществ. Ход эволюции имеет необратимый характер.

Правообладатель Народная асвета

Вопросы происхождения и разнообразия органического мира всегда волновали человечество. Как уже отмечалось, в средние века господствовал креационизм — представление о том, что живые организмы созданы Богом и неизменны во времени. К концу XVIII в. открытия в области химии, физики и биологии укрепили идею о единстве происхождения живых организмов и эволюции органического мира. Это стало почвой для создания единой эволюционной теории, которую разработал великий английский ученый Чарльз Дарвин.

На рубеже XVIII—XIX вв. накопилось немало научных предпосылок создания эволюционной теории. Была обоснована идея об изменяемости поверхности Земли под влиянием климатических факторов. Ученые-химики доказали, что все живые организмы состоят из таких же химических элементов, которые есть в неживой природе. Биологи установили, что закон сохранения энергии применим и по отношению к живым организмам. На создание эволюционной теории во многом повлияли работы английских экономистов А. Смита и Т. Мальтуса. А. Смит создал учение о свободной конкуренции в промышленности. Т. Мальтус впервые ввел выражение «борьба за существование». Он объяснял, что человеку, как и всем другим организмам, свойственно стремление к безграничному размножению. Но лишь нехватка жизненно необходимых ресурсов, производство которых не поспевает за размножением, ограничивает рост численности человечества.

В начале XIX в. французский натуралист Ж. Б. Ламарк впервые предложил последовательное учение о развитии живой природы. Ламарк первым указал на связь организмов со средой их обитания. Именно среда обитания, по его мнению, явилась причиной изменения живых организмов. Ученый определил направление эволюции как постепенный переход живых организмов от низших форм к высшим. Но в то же время Ламарку не удалось вскрыть истинные причины, способствующие данному эволюционному переходу.

Помимо научных открытий формированию теории эволюции значительно способствовала социально-экономическая обстановка — к началу XIX в. Англия превратилась в крупнейшую промышленную и колониальную державу. Развитие мореплавания, торговли, освоение колоний способствовали накоплению знаний о растительном и животном мире разных стран. Увеличение масштабов промышленного производства и рост городского населения повысили спрос на сельскохозяйственное сырье и продукты питания. Это явилось стимулом к выведению более урожайных сортов культурных растений и высокопродуктивных пород домашних животных.

Ч. Дарвин (1809—1882) — английский естествоиспытатель, создатель дарвинизма, вскрыл основные факторы эволюции органического мира, обосновал гипотезу происхождения человека от обезьяноподобных предков

Правообладатель Народная асвета

Становление эволюционных взглядов Чарльза Дарвина. Дарвин родился в 1809 г. в семье английского врача. С самого детства у Дарвина развилась любовь к природе и полевым исследованиям. Учеба в университетах Эдинбурга и Кембриджа дала ему глубокие знания в области зоологии, ботаники и геологии. Дарвин хорошо изучил эволюционные взгляды Ламарка и других более ранних эволюционистов, но не разделял их.

Дарвин, изучая животный и растительный мир, очень интересовался находками ископаемых остатков животных. Сходство данных находок с современными формами привело его к мысли о возможном родстве этих организмов. Это позволило Дарвину выдвинуть предположение о преемственности между современными и вымершими формами живых организмов.

В 1831 г. Дарвин в качестве натуралиста отправился на паруснике «Бигль» в кругосветное плавание (рис. 40). В течение пяти лет молодой ученый изучал геологическое строение материков, флору и фауну стран мира. Дарвин обратил внимание на особенности географического распределения животных по материкам. Например, в фауне Южной Америки он обнаружил формы, которых не наблюдалось в Северной Америке (ленивцы, муравьеды, броненосцы). Данный факт он объяснял изоляцией фауны, вызванной наличием водных преград между двумя материками.

Во время кругосветной экспедиции Дарвин побывал на Галапагосских островах, расположенных недалеко от западного побережья Южной Америки. Там уче-

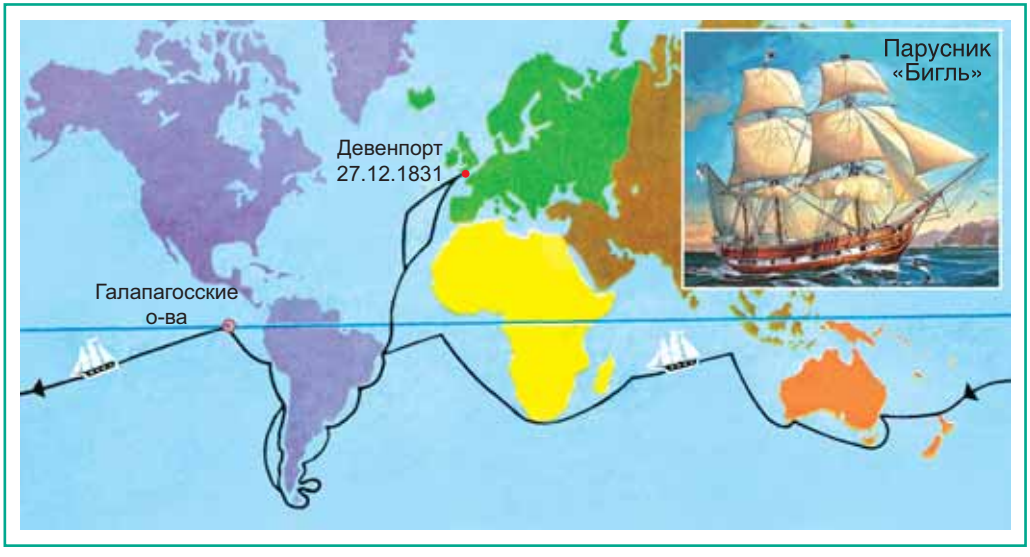


Рис. 40. Маршрут путешествия Ч. Дарвина на паруснике «Бигль»

Правообладатель Народная асвета

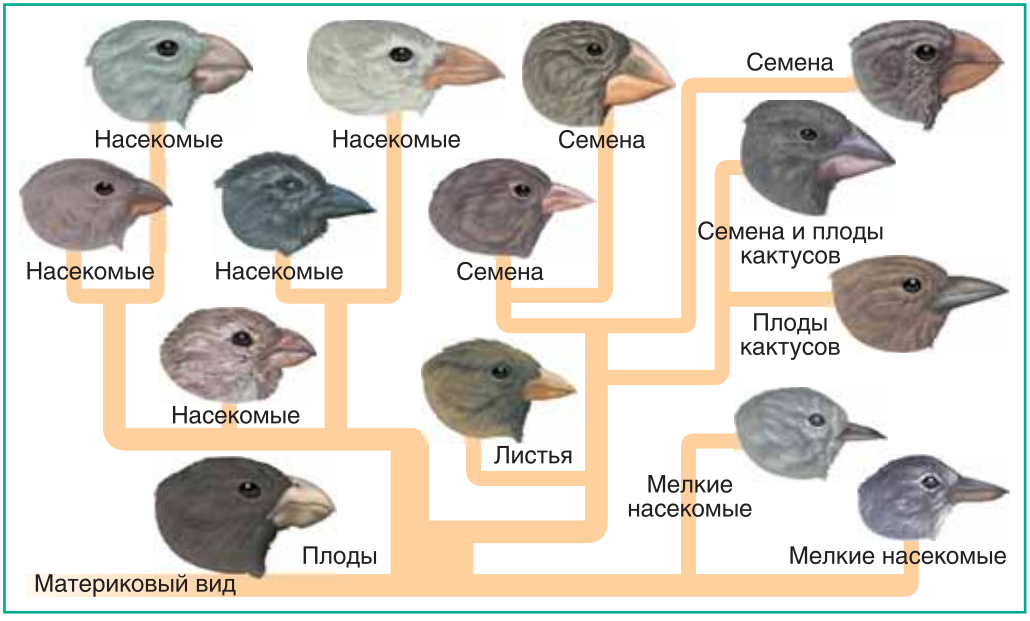


Рис. 41. Разнообразие видов галапагосских вьюрков по форме клюва и типу корма

ный обнаружил виды певчих воробьиных птиц — вьюрков, которые различались между собой по форме клюва и типу корма (рис. 41). В то же время островные вьюрки были очень похожи на материковый вид, что, несомненно, указывало на их близкое родство.

Клювы вьюрков одних видов идеально подходили для сбора семян, а у других были приспособлены только для добычи насекомых. При этом все вьюрки на островах были в целом достаточно схожи. Дарвин предположил, что когда-то на острова прилетели птицы одного вида вьюрков, а расселившись, они приспосабливались к местным условиям. Преимущество в выживании получали виды, чьи клювы больше подходили для добычи доступного на островах корма. Одним вьюркам досталась роль охотников за мелкими насекомыми, другие получили изобилие плодов и семян. В результате постепенно образовалось несколько различных видов этих птиц, специализирующихся на каком-либо типе корма.

В итоге, по окончании экспедиции на основе обширного фактического материала Дарвином были сделаны важные выводы. *Во-первых*, он подтвердил, что виды способны изменяться и давать начало новым видам. *Во-вторых*, на основе самостоятельного изучения ископаемых остатков и известных ранее данных палеонтологических исследований ученый доказал сходство в строении вымерших и современных животных.

Правообладатель Народная асвета

Основные положения теории эволюции Чарльза Дарвина. После возвращения в Англию Дарвин приступил к кропотливому труду над созданием эволюционной теории. Изучая работы Смита и Мальтуса, он попытался найти аналогичные явления в природе. Как известно, способность к неограниченному размножению является одним из основных свойств живого. Например, многие сельдевые рыбы ежегодно мечут до 100 тыс. икринок, а треска — до 6 млн. Но выживает лишь малая часть потомства. Такое несоответствие между количеством родившихся и достигающих половой зрелости организмов Дарвин положил в основу учения о ***борьбе за существование***. Он также указывал на наличие у организмов ***изменчивости*** — индивидуальных различий в признаках между особями одного вида. Результаты своих исследований Дарвин впервые опубликовал в 1859 г. в книге «Происхождение видов путем естественного отбора».

Основные положения теории эволюции Чарльза Дарвина

1. Виды живых организмов имели единственное происхождение и поступательно преобразовывались и совершенствовались в соответствии с условиями окружающей среды.

2. Преобразование видов происходит на основе наследственности и изменчивости живых организмов и постоянно протекающего в природе естественного отбора.

3. Естественный отбор в природе осуществляется на основе взаимоотношений организмов друг с другом, и с неблагоприятными условиями окружающей среды. Данные взаимоотношения представляют собой борьбу за существование.

4. Результатом естественного отбора является возникновение приспособленности и на этой основе многообразия видов живых организмов в природе.

Проанализировав основные положения эволюционной теории, можно сделать заключение, что, с точки зрения Дарвина, наименьшей эволюционирующей единицей — *элементарной единицей эволюции* является вид. *Предпосылками эволюции*, создающими материал для отбора в виде наследственно закрепленных различий особей, служат наследственность и изменчивость организмов. *Движущими силами эволюции*, приводящими к образованию новых видов, являются борьба за существование и естественный отбор.

В книге «Происхождение видов путем естественного отбора» Ч. Дарвин доказал, что предпосылками эволюции являются наследственность и изменчивость организмов. Естественный отбор и борьба за существование — главные движущие силы эволюции. Результатом естественного отбора является возникновение приспособленности и на ее основе многообразия видов живых организмов в природе.

Правообладатель Народная асвета

1. Охарактеризуйте общественно-экономические и научные предпосылки возникновения теории эволюции Ч. Дарвина. **2.** В чем заключаются основные положения теории эволюции Ч. Дарвина? **3.** Что, согласно эволюционной теории Дарвина, является предпосылками, а что — движущими силами эволюции? Ответ обоснуйте. **4.** Рассмотрите различные виды галапагосских вьюрков, описанных Дарвином. Предковый вид всех представленных на рисунке 41 вьюрков питался плодами. Исходя из изменчивости в строении клюва данных птиц, определите и укажите на схеме возможный для них тип корма.

§ 26. Теория искусственного отбора

Формы изменчивости. При создании эволюционной теории Дарвин опирался на селекционный материал своего времени. В то время было известно большое количество сортов культурных растений и пород домашних животных. Их предками являлся один или несколько диких видов. Например, все известные породы домашних собак происходят от волка или шакала. Известные породы овец — это потомки архара или муфлона, а удивительное разнообразие голубей произошло от сизого скалистого голубя (рис. 42). Современные сорта капусты произошли от нескольких форм дикой капусты, встречающейся в Европе и сегодня.

В условиях доминирования представлений о постоянстве и неизменности видов Ч. Дарвину важно было показать, за счет чего образуется их многообразие. Поэтому он подробно обосновал положение об изменчивости живых организмов.

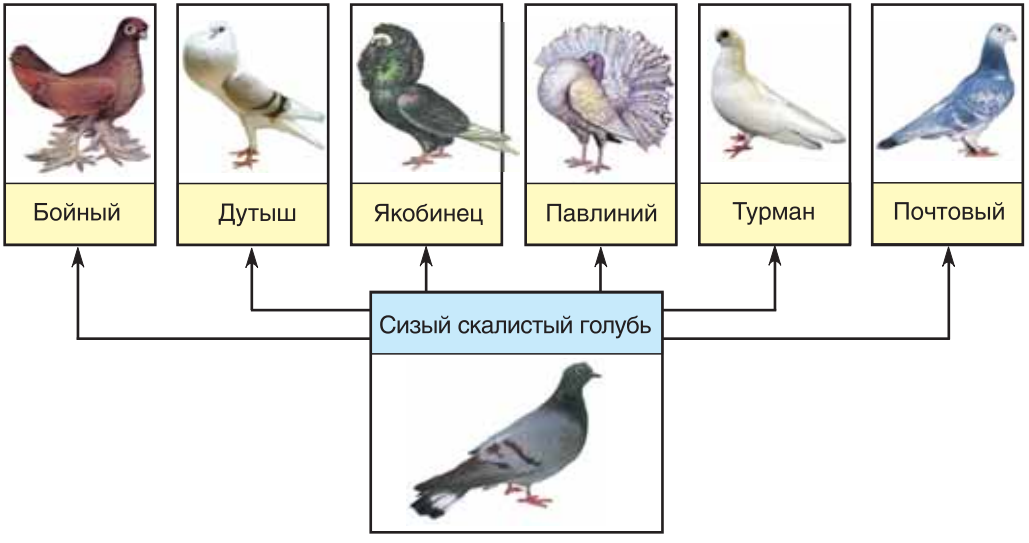


Рис. 42. Современные породы голубей и их общий предок

Правообладатель Народная асвета

Дарвин выделил три формы изменчивости: определенную (групповую), неопределенную (индивидуальную) и соотносительную (коррелятивную).

Определенная (групповая) изменчивость — *появление одинаковых признаков у всех особей и их потомства под действием изменившегося фактора среды.*

Рис. 43. Неопределенная изменчивость на примере узамбарской фиалки

Определенная изменчивость носит массовый характер. При недостатке корма животные теряют массу, в холодном климате шерсть у млекопитающих более густая. Листья растений, находящиеся в условиях разной освещенности, отличаются по форме и т. д. Определенная изменчивость повышает приспособленность организма к конкретным условиям среды обитания, однако не передается по наследству. То есть при изменении условий среды обитания у потомков не сохраняются признаки, приобретенные их родителями.

Неопределенная (индивидуальная) изменчивость — *появление у отдельно взятой особи в пределах одного сорта, породы, вида нового признака, который не встречался у родителей.* Так, в пределах одной породы кроликов может наблюдаться различная окраска шерсти. В пределах одного сорта узамбарских фиалок — различная окраска цветков (рис. 43). Дарвин отмечал, что даже в сходных условиях среды потомки от пары родителей различаются между собой. Данная форма изменчивости является результатом специфического влияния условий существования на каждый отдельный организм. Истинные причины неопределенной изменчивости Дарвину были неизвестны. Однако ее наследственный характер и, как результат, значительное разнообразие особей ученый считал ведущим материалом для эволюционного процесса. Постепенно Дарвин пришел к выводу, что для эволюции важны лишь *наследуемые индивидуальные изменения организмов*, потому что только они могут накапливаться и передаваться из поколения в поколение.

Соотносительная (коррелятивная) изменчивость — *изменение какого-то одного органа или части тела вслед за изменением других частей организма.*

Например, при постоянном упражнении нижних конечностей у пород домашних уток на бедренной кости развивается гребень для прикрепления мышц. У болотных птиц удлинение шеи сопровождается одновременным удлинением конеч-

Правообладатель Народная асвета

Серая цапля

Чибис

Рис. 44. Соотносительная (коррелятивная) изменчивость: длина ног пропорциональна длине шеи

ностей (рис. 44). Такая форма изменчивости очень важна в селекционной практике. В данном случае селекционер может предвидеть отклонения от исходной формы и проводить отбор признаков в желаемом направлении.

Помимо изменчивости важным фактором эволюции Дарвин считал наследственность.

Наследственность — свойство организмов передавать потомкам свои признаки и свойства.

Впоследствии Г. Мендель в своих законах (о единообразии гибридов первого поколения и расщеплении признаков во втором поколении) объяснил механизмы наследования признаков. Таким образом, по Дарвину, наследственность и изменчивость — общие свойства всех живых организмов. Именно они являются главными предпосылками эволюционного процесса.

Искусственный отбор. Изучив причину разнообразия пород животных и сортов растений, Дарвин приступил к выяснению механизмов их возникновения. Ученый отмечал, что в древности люди стремились сохранить наиболее ценные экземпляры животных и растений и получить от них потомство. В ряду поколений такие ценные признаки накапливались и закреплялись. Это обеспечивало лучшее воспроизводство стада у животных и повышало урожай у растений. Такую силу, которая постепенно приводит к возникновению новых пород животных и сортов растений, Дарвин назвал искусственным отбором.

Искусственный отбор — процесс выбора человеком наиболее ценных в хозяйственном отношении животных и растений и использование их для дальнейшего разведения.

Дарвин выделял две формы искусственного отбора — бессознательный и методический. При *бессознательном отборе* человек не ставит перед собой цель создать новую породу или сорт. Он путем размножения одних особей и уда-

Правообладатель Народная асвета

ления других медленно изменяет полезные для себя признаки организмов. Это наиболее древняя форма искусственного отбора.

Например, человек отбирал для последующего посева растения пшеницы с наиболее крупными, здоровыми и долго хранящимися семенами. Коров отбирали по величине надоя и мясистости, а выбор овец производился по густоте шерсти.

Благодаря такому дифференцированному подходу из поколения в поколение усиливались определенные признаки размножаемых особей. В итоге бессознательная форма искусственного отбора медленно, но верно приводила к образованию новых пород и сортов.

Методический отбор — целенаправленное выведение человеком пород животных или сортов растений. В данном случае селекционер обращает внимание на признаки, которые максимально желательны для него в конкретных условиях. Далее он уже конструирует породу или сорт. На основе наследственной изменчивости организмов человек целенаправленно подбирает пары для скрещивания. Он также обеспечивает максимальное развитие и закрепление желаемых признаков из поколения в поколение.

Например, породы коров выводят по мясистости или по надоям молока. Породы кур — по яйценоскости, количеству мяса и даже по бойцовым качествам (рис. 45), собак — по способности к различным видам охоты, служебному использованию, декоративности и др.

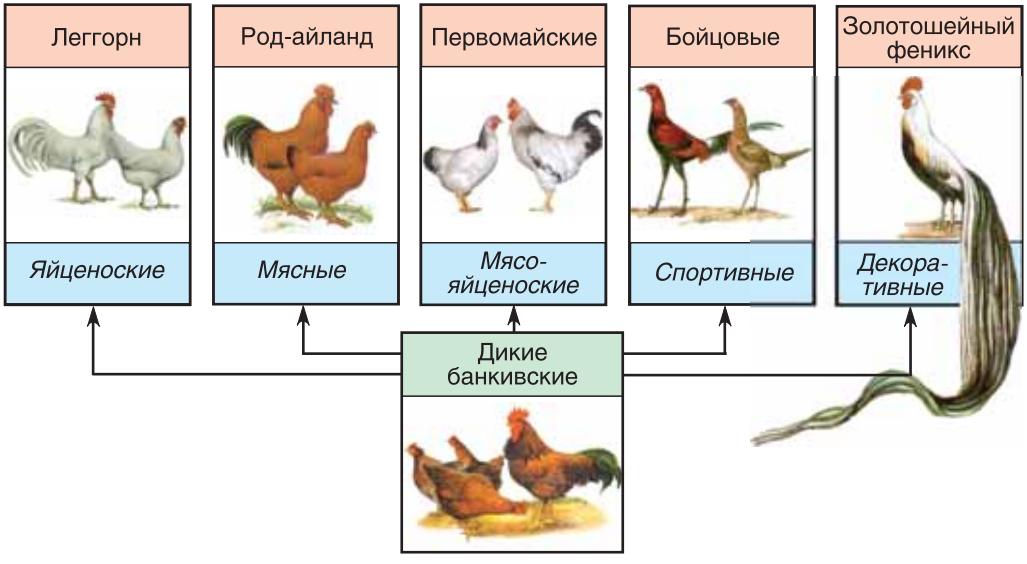


Рис. 45. Методический искусственный отбор на примере пород кур

Правообладатель Народная асвета

Теория искусственного отбора показала, что это основной механизм, обусловивший возникновение разнообразия культурных растений и домашних животных. В то же время Дарвин подчеркивал особую важность бессознательного отбора. Безусловно, его протекание во многом сходно с теми явлениями, которые происходят в природе. Поэтому именно бессознательный отбор является связующим звеном между искусственным и естественным отбором.

Созданная Дарвином теория искусственного отбора сегодня не только не утратила значимости, но и расширила сферу применения. Во времена Дарвина исходный материал для выведения новых пород животных и сортов растений отбирался из природы. Сегодня благодаря методам биотехнологии и генетической инженерии получают исходный материал для дальнейшего отбора с заданными признаками. Благодаря успехам генетической инженерии получены новые генетически модифицированные сорта зерновых, томатов, картофеля и других сельскохозяйственных культур, более урожайные и устойчивые к заболеваниям.

На сегодняшний день налажено производство человеческого инсулина путем использования генномодифицированных бактерий, выведены новые породы мышей для научных исследований и т. д.

Генетически модифицированный организм (ГМО) — это живой организм, генотип которого целенаправленно изменен человеком в научных или хозяйственных целях при помощи методов генетической инженерии. Например, белорусские и российские ученые ввели в геном коз человеческий ген, отвечающий за синтез белка лактоферрина. Данный белок теперь будет содержаться в молоке коз в большом количестве. Обладая, по мнению ученых, уникальным антибактериальным действием, лактоферрин будет незаменим в формировании иммунитета у детей на искусственном вскармливании.

В настоящее время достижения белорусских селекционеров позволили обеспечить сельское хозяйство собственными породами животных и сортами растений. Породы черно-пестрых и крупных белых свиней соответствуют всем показателям мировых стандартов. Данный факт находит подтверждение на международных животноводческих выставках. Выведенные в Беларуси собственные сорта большинства культурных растений полностью соответствуют природно-климатическим условиям республики.

В изменчивых природно-климатических условиях нашей страны очень важна устойчивость культурных растений к весенним заморозкам. Еще одним негативным климатическим фактом может быть низкая температура воздуха в период цветения растений. В этой связи отечественными селекционерами были выведены устойчивые к весеннему подмерзанию сорта яблонь: Вербное, Заславское, Белорусское сладкое и др.

Таким образом, современные успехи селекции, основанные на использовании достижений генетики, разных методов скрещивания и мутагенеза подтверждают

Правообладатель Народная асвета

творческую роль искусственного отбора, отмеченную Дарвином в его эволюционной теории.

Дарвин выделял три формы изменчивости: определенную (групповую), неопределенную (индивидуальную) и соотносительную (коррелятивную). Искусственный отбор является главным механизмом, обусловившим возникновение и разнообразие сортов культурных растений и пород домашних животных. Дарвин описал две формы искусственного отбора: бессознательный и методический.

1. Охарактеризуйте формы изменчивости, выделенные Ч. Дарвином. **2.** Какой форме изменчивости и почему Ч. Дарвин придавал ведущее значение в эволюционном процессе? **3.** Опишите формы искусственного отбора. В чем проявляется сходство и различие между ними? **4.** Объясните, как вы понимаете творческую роль искусственного отбора. Подтвердите свои суждения примерами искусственного отбора в настоящее время. **5.** В последние годы созданы устойчивые к насекомым-вредителям растения кукурузы, пшеницы, риса. Спрогнозируйте, как это скажется на урожае данных культур. Какую проблему помогут решить такие растения с учетом роста народонаселения планеты? Ответ обоснуйте.

§ 27. Движущие силы и основные результаты эволюции по Чарльзу Дарвину

Движущие силы эволюции. Дарвин считал искусственный отбор главным механизмом, обусловившим появление и разнообразие культурных растений и домашних животных. В процессе изучения искусственного отбора ученый пришел к мысли о наличии подобного явления в природе. Каковы движущие силы эволюции видов? Ответ на этот вопрос Дарвин видел в двух составляющих.

Во-первых, он указал на наличие неопределенной (индивидуальной) изменчивости организмов в природных условиях их обитания.

Наличие индивидуальной изменчивости в природе Дарвин определил по ряду фактов. Например, пчелы отличают пчел из своего и соседних ульев. Растения, выросшие из желудей одного дуба, различаются множеством мелких внешних особенностей и т. д.

Во-вторых, Дарвин пришел к выводу, что приспособленность дикорастущих видов, как и культурных форм, — результат отбора. Но этот отбор производится не человеком, а окружающей средой. Индивидуальная изменчивость в природе является материалом для отбора. Также как породы животных и сорта растений целесообразно приспособлены к потребностям человека, виды приспосабливаются к жизни в определенных условиях среды.

Правообладатель Народная асвета

Как уже упоминалось, организмам свойственно стремление к размножению в геометрической прогрессии. Однако далеко не все родившиеся особи доживают до половозрелого возраста. Причины этого различны. Может наблюдаться гибель организмов от нехватки кормовых ресурсов, неблагоприятных факторов среды, болезней, врагов и т. д. Исходя из этого, Дарвин пришел к выводу, что между организмами в природе постоянно идет борьба за существование.

Борьба за существование — совокупность многообразных и сложных взаимодействий организмов между собой и с окружающими их условиями внешней среды.

Дарвин выделил три формы борьбы за существование: внутривидовую, межвидовую и борьбу с неблагоприятными условиями среды.

Внутривидовая борьба — взаимоотношения между особями одного и того же вида. Дарвин считал внутривидовую борьбу наиболее напряженной. Безусловно, организмы, принадлежащие к одному виду, предъявляют сходные требования к корму, условиям размножения, убежищам и др. Максимально остро такая борьба протекает при значительном увеличении численности особей вида и ухудшении условий существования. Это приводит к гибели части особей или к устранению их от размножения. Например, внутривидовая борьба проявляется в виде конкуренции за участки гнездования у птиц или за полового партнера у животных одного вида (рис. 46). Проросшие семена растений, например берез, часто погибают потому, что почва уже густо заросла сеянцами этого же вида. Молодые проростки испытывают при этом недостаток освещенности, питания и др. У жука мучного хрущика превышение допустимого числа особей на единице пищевого субстрата приводит к нарушению половых циклов и каннибализму.

Брачный турнир у оленей

Конкуренция у берез в лесу

Рис. 46. Внутривидовая борьба

Правообладатель Народная асвета

Львы нападают на буйвола

Волк атакует оленя

Рис. 47. Межвидовая борьба

Межвидовая борьба — взаимоотношения между особями разных видов. Типичными примерами межвидовой борьбы являются известные вам типы межвидовых взаимоотношений: «хищник-жертва» (рис. 47), «паразит-хозяин» и др. Результатом межвидовой борьбы является то, что ввиду лучшей приспособленности один из видов может вытеснять другой. Например, американская норка, ввезенная в Беларусь, постепенно вытесняет европейскую норку. Это происходит за счет более крупных размеров и выраженной агрессивности американской норки. Сорные растения на полях вытесняют культурные, конкурируя с ними за влагу, свет и минеральное питание.

Борьба с неблагоприятными условиями среды — выживание наиболее приспособленных особей, популяций и видов в изменившихся условиях неживой природы. Эта форма борьбы более остро проявляется, когда какой-либо из абиотических экологических факторов находится в дефиците или избытке. Такие ситуации складываются при сильных засухах, наводнениях, заморозках, пожарах, извержении вулканов и т. п. Например, в пустынях борьба за существование у растений направлена на экономное расходование влаги. В результате у некоторых растений сформировались приспособления в виде мясистых листьев или стеблей для запасания воды. У других встречаются листья-колючки для уменьшения испарения, глубоко проникающие корни для использования грунтовых вод и т. д. Другой пример борьбы с неблагоприятными условиями среды — миграция перелетных птиц в теплые страны при наступлении холодов.

Естественным результатом всех форм борьбы является снижение из поколения в поколение численности наименее приспособленных особей. Это связано, как с их непосредственной гибелью, так и с меньшим количеством производимых

Правообладатель Народная асвета

на свет потомков. С другой стороны, более приспособленные особи увеличивают свою численность. При этом они в каждом следующем поколении отнимают у менее приспособленных все больше и больше необходимых для жизни ресурсов. Это постепенно приводит к полному вытеснению последних из биотопа. Данный процесс, постоянно протекающий в природе, Дарвин и назвал естественным отбором.

По Дарвину, ***естественный отбор — процесс выживания и размножения наиболее приспособленных к условиям обитания особей и гибель менее приспособленных***.

Естественный отбор протекает под воздействием факторов окружающей среды (температуры, влажности, света, паразитов, конкурентов, хищников и др.). Естественный отбор позволяет сохранять и накапливать мелкие наследственные изменения, полезные в данных условиях существования. Например, даже незначительное удлинение хоботка у шмелей позволяет им добывать пыльцу из цветков с удлиненным венчиком. В этом случае длиннохоботковые шмели имеют неоспоримое преимущество.

Отбор происходит непрерывно в ряду поколений и сохраняет преимущественно те формы, которые в наибольшей степени приспособлены к данным условиям среды. Естественный отбор и борьба за существование неразрывно связаны между собой и являются движущими силами эволюции видов. Данные движущие силы способствуют совершенствованию организмов, результатом которого является их приспособленность к среде обитания и многообразие видов в природе.

Основные результаты эволюции. По Дарвину, результатами эволюции являются приспособленность организмов к среде обитания и многообразие видов в природе. ***Приспособленность*** — совокупность адаптаций (особенностей внешнего и внутреннего строения и поведения организмов), которые обеспечивают данному виду преимущество в выживании и оставлении потомства при определенных условиях среды.

Многообразие видов — второй важный результат эволюции. Во первых, неопределенная изменчивость и протекающий на ее основе естественный отбор приводят к многообразию взаимоотношений между организмами. Во-вторых, наша планета характеризуется множеством различающихся по силе действия экологических факторов биотопов. На основе перечисленного выше и формируется многообразие видов в природе. Преимущество в этом случае получают наиболее высокоорганизованные и приспособленные к условиям среды формы. Дарвин подчеркивал, что одновременное существование видов живых организмов с различным уровнем организации объясняется тем, что их эволюция шла одновременно в нескольких направлениях.

Правообладатель Народная асвета

Борьба за существование — совокупность многообразных и сложных взаимодействий организмов между собой и с окружающими их условиями внешней среды. Следствием борьбы за существование является естественный отбор. В результате действия естественного отбора достигаются основные результаты эволюции: приспособленность организмов и многообразие видов в природе.

1. Почему Дарвин при выяснении движущих сил эволюции придавал большое значение неопределенной (индивидуальной) изменчивости организмов? **2.** Что такое борьба за существование согласно Ч. Дарвину? Какие формы борьбы за существование он выделил? **3.** Опишите приспособления кактуса к неблагоприятным условиям среды. В чем заключается главная причина данных приспособлений? **4.** Охарактеризуйте естественный отбор как движущую силу эволюции. В чем состоят его основные отличия от искусственного отбора? **5.** Норма высева яровой пшеницы составляет в среднем 5 млн семян на гектар. Проанализируйте, что будет происходить при увеличении высеваемых семян до 50 млн на гектар и сокращении до 0,5 млн на гектар.

§ 28. Общая характеристика синтетической теории эволюции

Проанализировав историю развития эволюционной теории после выхода в свет в 1859 г. книги Дарвина «О происхождении видов путем естественного отбора», можно выделить четыре основных ее этапа.

I. Формирование классического дарвинизма (1859—1900 гг.). Во второй половине XIX в. наблюдается широкое распространение эволюционных идей Дарвина в естествознании. Происходит формирование новых научных направлений: эволюционной палеонтологии, эволюционной сравнительной эмбриологии, исторической биогеографии, экологии и др.

Основные положения теории Дарвина послужили научной основой для развития *исторической биогеографии*. За короткий период благодаря исследованиям в области биогеографии удалось выяснить распределение видов растений и животных не только в пространстве, но и во времени с учетом исторических связей между ними. Большой вклад в развитие этого направления внесли А. Н. Северцов, А. Н. Бекетов, А. Уоллес и др. После появления учения о борьбе за

А. Н. Северцов (1866—1936) — русский биолог, основоположник эволюционной морфологии животных

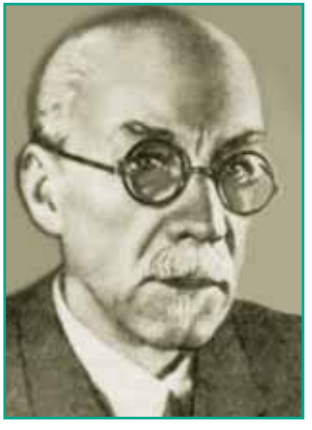
Правообладатель Народная асвета

С. С. Четвериков (1880—1959) — русский генетик, один из основоположников эволюционной и популяционной генетики

существование появилась экология, которая стала развиваться как самостоятельная наука о взаимодействии организмов со средой.

II. Кризис классического дарвинизма (1900—1920 гг.). В начале XX в. были переоткрыты законы Г. Менделя, начала развиваться генетика. Ее достижения использовались для критики дарвинизма из-за неправильной их трактовки. Ошибкой генетиков было представление об абсолютном постоянстве генов и мутациях, как результате утраты отдельных генов. Полагалось, что эволюция может осуществляться на основе гибридизации. Творческая роль естественного отбора отрицалась. Этот период можно условно назвать периодом *генетического антидарвинизма*.

III. Период синтеза генетики и классического дарвинизма. Развитие популяционного подхода (1920—1930 гг.). Важную роль в синтезе генетики и дарвинизма сыграла хромосомная теория наследственности Т. Г. Моргана и формирование представления о мутациях. Большой вклад в изучение изменчивости природных популяций растений и животных внесли ученые Н. И. Вавилов, С. С. Четвериков, Ф. Г. Добржанский и др. Они собрали обширный материал о локальных популяциях разных видов и провели анализ их генетической изменчивости. Четвериков впервые оценил и показал, насколько велика скрытая генетическая изменчивость (рецессивные мутации) природных популяций. Она представляет генетическую основу для естественного отбора. Р. А. Фишер, Н. П. Дубинин, С. Райт и другие установили, что изменение частоты встречаемости генов в результате колебания численности популяций имеет большое значение для эволюции. Генетика помогла выяснить роль отдельных факторов эволюции и сформировать представление об элементарной единице эволюции (популяции), а также об элементарном эволюционном материале. Все это привело к созданию учения о микроэволюции, как эволюционном процессе образования новых видов (Ф. Г. Добржанский, Н. В. Тимофеев-Ресовский).



И. И. Шмальгаузен (1884—1963) — русский биолог, теоретик эволюционного учения

Правообладатель Народная асвета

IV. Формирование синтетической теории эволюции (неодарвинизма). Развитие экосистемного подхода (1930—1950 гг.). На данном историческом этапе благодаря трудам В. И. Вернадского, А. Тенсли, В. Н. Сукачева и др. развивается учение об эволюции биогеоценозов (экосистем) и биосферы в целом. На основе учения о микроэволюции и трудов вышеуказанных ученых разрабатывается учение о макроэволюции — эволюционном процессе образования надвидовых таксонов (А. Н. Северцов, И. И. Шмальгаузен, Н. И. Вавилов, Дж. Г. Симпсон) — втором этапе эволюционного процесса. Объединение данных эволюционной генетики с результатами изучения популяций, биоценозов и биосферы на основе классического дарвинизма привело к появлению ***синтетической теории эволюции (неодарвинизма)***.

Основные положения синтетической теории эволюции.

1. Элементарной единицей эволюции является популяция.

2. Предпосылки эволюции — мутационный процесс, комбинативная изменчивость, популяционные волны, поток и дрейф генов, изоляция.

3. Элементарный эволюционный материал — генотипическое разнообразие популяции как результат мутаций и их комбинаций, изменения соотношения генотипов в генофонде.

4. Основная движущая сила эволюции — естественный отбор, протекающий на основе борьбы за существование.

5. Эволюция носит дивергентный характер, т. е. на основе одной предковой формы может возникнуть несколько новых форм, но каждая из них имеет только одного предка (монофилетическое происхождение).

6. Эволюция протекает медленно и постепенно. Видообразование, как этап эволюции, включает промежуточные стадии — разновидности и подвиды.

7. Вид существует как целостная, генетически закрытая система. Его целостность поддерживается за счет обмена генами между популяциями (поток генов) в результате миграции особей.

8. Приспособления (адаптации) формируются под действием естественного отбора и являются закономерным результатом эволюции.

Во второй половине XIX в. эволюционные идеи Ч. Дарвина получили широкое распространение в естествознании. Однако в начале XX в. развитие генетики привело к критике дарвинизма из-за неправильной трактовки ее открытий. Дальнейшие исследования в области генетики и экологии позволили правильно объяснить основные положения классического дарвинизма. Объединение данных эволюционной генетики и экологии на основе классического дарвинизма привело к появлению синтетической теории эволюции.

Правообладатель Народная асвета

1. Какие новые научные направления появились в естествознании во второй половине XIX в. под влиянием эволюционной теории Ч. Дарвина? **2.** В чем причина кризиса классического дарвинизма в начале XX в.? **3.** Что позволило преодолеть кризис классического дарвинизма в 1920 — 1930 гг.? **4.** Перечислите основные положения синтетической теории эволюции.

§ 29. Популяция — элементарная единица эволюции. Предпосылки эволюции

Популяция — элементарная единица эволюции. В ходе эволюции происходит передача наследственных свойств и признаков организмов в ряду поколений. Отдельный организм не может выступать в роли элементарной единицы эволюции. *Во-первых*, он существует ограниченное время (одно поколение) и не способен обеспечить продолжение рода. *Во-вторых*, каждая особь развивается на основе генотипа, полученного от родителей. Как бы ни менялся фенотип особи, ее генотип в течение жизни остается практически неизменным. Естественный отбор может протекать только в неоднородных как по фенотипу, так и по генотипу группах. Следовательно, отдельный организм не может служить материалом для естественного отбора.

Дарвин рассматривал эволюцию на уровне вида. В то время вид считался наименьшей неделимой единицей природы. Однако по современным представлениям вид дискретен и разделяется на популяции. Значит, вид не является наименьшей неделимой единицей природы, способной к эволюции, а представляет собой этап эволюционного процесса.

Следовательно, особь или вид не могут быть элементарной единицей эволюции, а ее роль выполняет популяция. В главе «Вид и популяция» вы изучали популяцию как структурную единицу живой природы. В природе популяция может длительно существовать, благодаря смене поколений особей, различающихся по генотипам. Совокупность генотипов всех особей популяции называется *генофондом*. Эффективность распространения в популяции каждого конкретного генотипа зависит от того, насколько сформировавшийся на его основе фенотип особи соответствует условиям ее обитания. Однако условия жизни и численность популяции непостоянны во времени. Соответственно изменяется и полезность фенотипов. То, что было полезным в предыдущем поколении, может оказаться бесполезным или вредным в последующем, и наоборот. В результате одни генотипы распространяются в популяции, а другие становятся редкими и постепенно исчезают, что приводит к изменению генофонда популяции.

Не остаются постоянными и сами генотипы. Отдельные их элементы (гены) также меняются со временем. В генах возникают мутации, меняющие генотипы и фенотипы особей и их потомков.

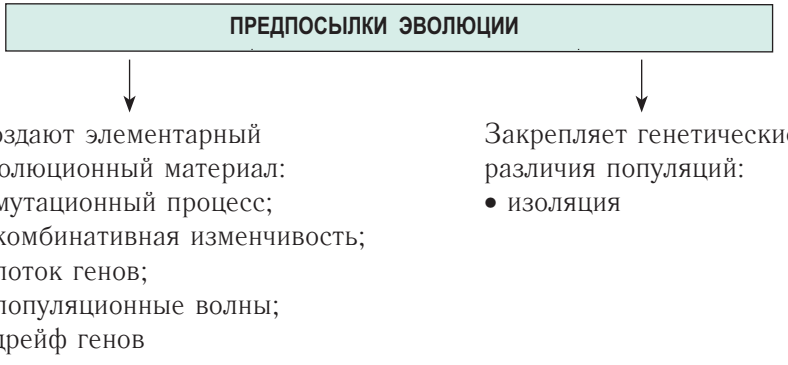
Правообладатель Народная асвета

Таким образом, в популяциях постоянно изменяются генотипы особей и меняется их соотношение в генофондах. Это приводит к появлению генетических различий между популяциями, которые усиливаются под действием естественного отбора при наличии барьеров между ними. Со временем генофонды популяций могут стать настолько разными, что между особями этих популяций будет невозможно скрещивание. Это значит, что популяции стали новыми видами. Образование новых видов — это результат эволюции.

Как видно, для протекания эволюционного процесса необходимо, чтобы в популяции появилось генотипическое разнообразие особей и происходило изменение соотношения генотипов в генофонде, т. е. сформировался ***элементарный эволюционный материал***. Его формирование в популяции происходит в результате действия определенных факторов — предпосылок эволюции.

Предпосылки эволюции. Исследования в области эволюционной биологии, генетики и экологии подтвердили справедливость положений теории Дарвина и выявили ряд факторов, которые играют важную роль в процессе эволюции. Их принято разделять на предпосылки и движущие силы эволюции. Согласно современным представлениям к предпосылкам эволюции, как уже отмечалось, относятся: *мутационный процесс, комбинативная изменчивость, поток генов, популяционные волны (волны жизни), дрейф генов, изоляция*. Все предпосылки, за исключением изоляции, создают элементарный эволюционный материал. Изоляция не создает материал для естественного отбора, а закрепляет генетические различия между популяциями или их частями, возникшие в результате его действия.

Таким образом, предпосылки эволюции в зависимости от их роли можно разделить на две группы:



Мутационный процесс — случайный и ненаправленный процесс возникновения наследственных изменений — *мутаций* — под действием мутагенных факторов среды. Он создает эволюционный материал для естественного отбора в виде измененных генотипов (мутационная изменчивость). Частота спонтанных мутаций

Правообладатель Народная асвета

в отдельном гене невелика (одна мутация на 10^4—10^9 гамет одного поколения). Но поскольку одновременно мутируют многие гены, то в среднем 10—15 % гамет в поколении несут мутантные аллели. В природе практически нет признаков особей, которые в той или иной степени не затрагивались бы мутациями. Они могут приводить к увеличению или снижению выраженности признака, к его резкому или незначительному отклонению от исходного значения. Мутации носят ненаправленный характер и по-разному влияют на жизнеспособность, плодовитость, скорость роста и другие особенности особей. Фенотипическое проявление мутаций в определенных условиях может быть вредным (у большинства мутаций), полезным или нейтральным для их обладателей. Оно делает особей неравнозначными в борьбе за существование и создает тем самым основу для естественного отбора.

Рецессивные мутации не имеют фенотипического проявления у особей данного поколения, поэтому не могут служить материалом для естественного отбора на данном этапе эволюции. Но у потомков они могут перейти в гомозиготное состояние и проявиться фенотипически. Следовательно, рецессивные мутации являются резервом дальнейшей эволюции вида, его эволюционным потенциалом.

Комбинативная изменчивость — наследственные изменения, возникающие вследствие образования новых комбинаций генов (*рекомбинаций*) у потомков. Комбинативная изменчивость создает эволюционный материал для естественного отбора в виде новых комбинаций генов. Их источником являются: кроссинговер, случайное расхождение хромосом при мейозе, случайное сочетание гамет при оплодотворении. При этом структура самих генов не изменяется. Появление новых признаков является результатом взаимодействия аллельных и неаллельных генов, а также перехода рецессивных мутаций в гомозиготное состояние. Возникающее вследствие этого фенотипическое и генотипическое разнообразие особей является основой для действия естественного отбора.

Поток генов — случайный обмен генами между популяциями одного вида в результате миграции особей. Поток генов создает эволюционный материал для естественного отбора в виде измененного соотношения генов в генофонде популяции. При вселении в данную популяцию особей из другой популяции может произойти пополнение ее генофонда новыми генами или увеличиться количество носителей определенных генов. При выселении части особей из популяции результат будет противоположным. В обоих случаях генетическая структура популяции изменится.

Популяционные волны (волны жизни) — более или менее регулярные колебания численности, случайным образом изменяющие частоту встречаемости генов и мутаций в популяциях. Они также дают материал для естественного отбора. Причиной колебаний численности могут быть как абиотические (сезонные изменения климатических факторов), так и биотические (колебания численности хищников, паразитов, конкурентов, изменение запасов корма и др.) факторы среды.

Правообладатель Народная асвета

Например, при теплых погодных условиях в экосистеме луга за лето образуется много растительного корма, что приводит к быстрому увеличению численности популяции листогрызущих насекомых. При этом частота встречаемости редких генов и мутаций в их популяции может случайным образом увеличиться. Также возрастет вероятность возникновения новых мутаций и их комбинаций. В результате генетическая структура популяции изменится. При неблагоприятных условиях будет уменьшаться запас растительного корма, и, как следствие, произойдет снижение численности насекомых. Это вызовет случайное изменение соотношения генов и мутаций в популяции.

Дрейф генов — случайное, не подверженное закономерностям изменение частоты встречаемости генов в генофонде популяции. Способствуют дрейфу генов уменьшение численности популяции или изменение ее возрастного и полового состава в результате стихийных бедствий (лесных пожаров, наводнений, ураганов и др.). Иногда дрейф генов приводит к существенному изменению генофонда популяции, что и дает материал для естественного отбора. Особенно заметна роль этого фактора в малочисленных популяциях.

Изоляция — наличие барьеров различной природы, препятствующих обмену генами между популяциями в результате свободного скрещивания особей. Она закрепляет результат действия естественного отбора в изолированных популяциях и приводит к формированию у них независимых генофондов.

Популяция — элементарная единица эволюции. К предпосылкам эволюции относятся: мутационный процесс, комбинативная изменчивость, поток генов, популяционные волны (волны жизни), дрейф генов, изоляция. Первые пять факторов поставляют эволюционный материал для естественного отбора, а изоляция закрепляет результат его действия.

1. Почему отдельная особь или вид не могут быть элементарной единицей эволюции? Ответ обоснуйте. **2.** Назовите причины изменения генотипов особей в популяциях. **3.** Какие предпосылки эволюции, по вашему мнению, могут изменять соотношение генотипов в популяциях? **4.** Объясните, почему только часть генетической изменчивости проявляется в фенотипах. **5.** В чем заключается эволюционная роль изоляции? **6.** При каких условиях и какие мутации, на ваш взгляд, могут стать элементарным эволюционным материалом? **7.** В популяции белок 15 из 250 особей имели очень густой и длинный мех. Зимой численность популяции уменьшилась до 200 особей, среди которых оказалось 14 белок с очень густым и длинным мехом. Из-за нехватки корма половина популяции белок мигрировала в соседний лес. Среди них белок с густым и длинным мехом замечено не было. Определите изменение частоты встречаемости гена, отвечающего за густоту и длину меха. Какие предпосылки эволюции стали причиной изменения частоты встречаемости этого гена в популяции?

Правообладатель Народная асвета

§ 30. Движущие силы эволюции

Предпосылки эволюции сами по себе не могут привести к эволюции. Для протекания эволюционного процесса, приводящего к появлению приспособлений и образованию новых видов и других таксонов, необходимы движущие силы эволюции. В настоящее время созданное Дарвином учение о движущих силах эволюции (борьбе за существование и естественном отборе) дополнено новыми фактами благодаря достижениям современной генетики и экологии.

Борьба за существование и ее формы. По представлениям современной экологии, особи одного вида объединяются в популяции, а популяции разных видов существуют в определенных экосистемах. Взаимоотношения особей внутри популяций и с особями популяций других видов, а также с условиями среды в экосистемах рассматриваются как ***борьба за существование***.

Дарвин считал, что борьба за существование является результатом размножения видов в геометрической прогрессии и появления избыточной численности особей при ограниченности кормовых ресурсов. То есть под словом «борьба» по сути понималась конкуренция за корм в условиях перенаселенности. По современным представлениям, элементами борьбы за существование могут быть любые взаимоотношения — как конкурентные, так и взаимовыгодные (забота о потомстве, взаимопомощь). Перенаселение не является необходимым условием для борьбы за существование. Следовательно, в настоящее время борьба за существование понимается шире, чем по Дарвину, и не сводится к конкурентной борьбе в прямом смысле слова.

Выделяют две основные формы борьбы за существование: прямая борьба и косвенная борьба.

Прямая борьба — любые взаимоотношения, при которых между особями одного или разных видов в составе их популяций наблюдается выраженный в той или иной степени физический контакт. Последствия этой борьбы могут быть самыми разными для взаимодействующих сторон. Прямая борьба может быть как внутривидовой, так и межвидовой (рис. 48).

Примерами прямой *внутривидовой борьбы* могут быть: соперничество между семьями грачей за места гнездований, между волками за добычу, между самцами за территорию. Это также вскармливание детенышей молоком у млекопитающих, взаимопомощь при строительстве гнезд у птиц, защита от врагов и др.

К прямой *межвидовой борьбе* относятся взаимоотношения хищника и жертвы, паразита и хозяина, цветковых растений и насекомых-опылителей, клубеньковых бактерий и бобовых растений, акул и рыб-прилипал и др. При прямой межвидовой борьбе совершенствуются приспособления взаимодействующих особей обоих видов (например, хищника и жертвы, паразита и хозяина).

Правообладатель Народная асвета

Внутривидовая

Межвидовая

Рис. 48. Прямая борьба

Косвенная борьба — любые взаимоотношения между особями разных популяций, использующих общие пищевые ресурсы, территорию, условия среды без непосредственного контакта друг с другом. Косвенная борьба может быть внутривидовой, межвидовой и с абиотическими факторами среды.

Примерами косвенной борьбы могут быть взаимоотношения между отдельными березами в загущенной березовой роще (*внутривидовая борьба*), между белыми медведями и песцами, львами и гиенами за добычу, светолюбивыми и тенелюбивыми растениями (*межвидовая борьба*). Также косвенной борьбой является разная устойчивость растений к обеспеченности почвы влагой и минеральными веществами, животных — к температурному режиму (*борьба с абиотическими факторами среды*).

Результатом борьбы за существование является успех или неудача данных особей в выживании и оставлении потомства, т. е. *естественный отбор*, а также смена территорий, изменение экологических потребностей и др.

Естественный отбор и его формы. По Дарвину, естественный отбор выражается в преимущественном выживании и оставлении потомства наиболее приспособленными особями и гибели менее приспособленных. Современная генетика расширила это представление. Разнообразие генотипов в популяциях, возникающее в результате действия предпосылок эволюции, приводит к появлению фенотипических различий между особями. В результате борьбы за существование в каждой популяции выживают и оставляют потомство особи с полезными в данной среде фенотипами и генотипами. Следовательно, действие отбора заключается в дифференциации (избирательном сохранении) фенотипов и воспроизведении адаптивных генотипов. Поскольку отбор происходит по фенотипам, то это определяет значимость *фенотипической* (*модификационной*) *изменчивости* в эво-

Правообладатель Народная асвета

люции. Разнообразие *модификаций* влияет на степень разнообразия фенотипов, анализируемых естественным отбором, и позволяет виду выживать в изменяющихся условиях среды. Однако модификационная изменчивость не может быть предпосылкой эволюции, так как не влияет на генофонд популяции.

Естественный отбор — направленный исторический процесс дифференциации (избирательного сохранения) фенотипов и воспроизведения адаптивных генотипов в популяциях.

В зависимости от условий среды обитания популяций в природе можно наблюдать две основные формы естественного отбора: движущий и стабилизирующий.

Движущий отбор действует в постепенно изменяющихся в определенном направлении условиях среды. Он сохраняет полезные отклонившиеся фенотипы и удаляет прежние и бесполезные отклонившиеся фенотипы. При этом происходит сдвиг среднего значения нормы реакции признаков и смещение их вариационной кривой в конкретном направлении без изменения ее пределов (рис. 49). Нижняя часть рисунка (черный цвет) отражает изменение формы вариационной кривой признака, верхняя часть (синий цвет) — изменение численности разных вариантов признака.

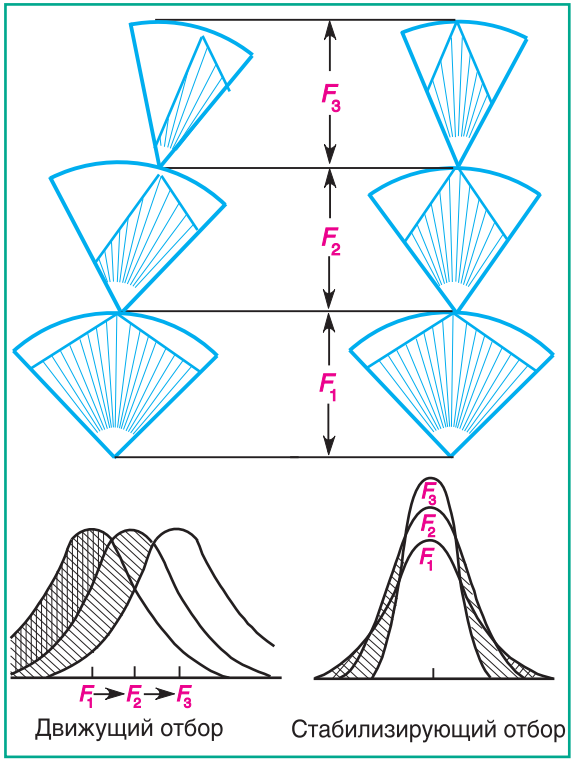


Рис. 49. Схема действия естественного отбора

Если отбор действует таким образом в ряду поколений ($F_1 \rightarrow \rightarrow F_2 \rightarrow F_3$), то он приводит к формированию новой нормы реакции признаков. Она не перекрывается с прежней нормой реакции. В результате формируются новые адаптивные генотипы в популяции. Это является причиной постепенного превращения популяции в новый вид. Именно такую форму отбора Дарвин считал движущей силой эволюции.

В результате действия движущего отбора одни признаки в новых условиях могут исчезать, а другие — развиваться и совер-

Правообладатель Народная асвета

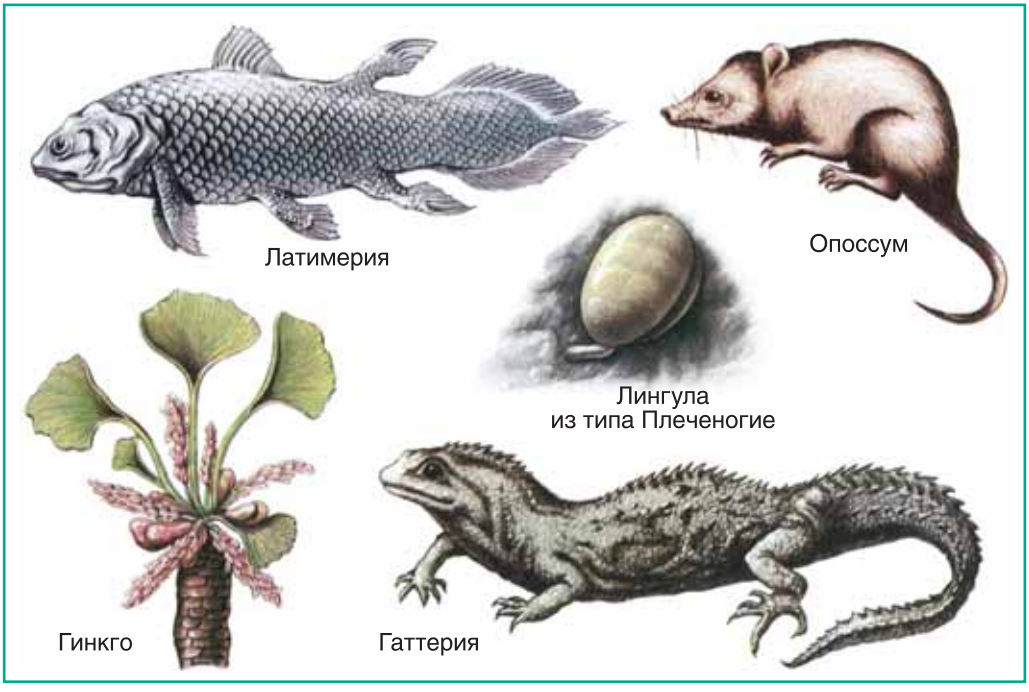


Рис. 50. Реликтовые организмы

шенствоваться. Например, утрата конечностей у змей, глаз — у пещерных животных, корней и листьев — у растений-паразитов является результатом действия движущего отбора. Однонаправленное действие естественного отбора приводит к удлинению корней у склерофитов, повышению остроты зрения, слуха, обоняния у хищников и их жертв.

Стабилизирующий отбор действует в неизменных и оптимальных для популяций условиях среды. Он сохраняет прежний фенотип и удаляет любые отклонившиеся от него фенотипы. При этом среднее значение нормы реакции признаков не изменяется, но суживаются пределы их вариационной кривой (см. рис. 49). Следовательно, генотипическое и фенотипическое разнообразие, возникающее как результат действия предпосылок эволюции, снижается. Это способствует закреплению прежних генотипов и сохранению существующего вида. Результатом данной формы отбора является существование в настоящее время древних (*реликтовых*) организмов (рис. 50). ***Реликтовые*** (от лат. *relictum* — остаток) ***виды*** — живые организмы, сохранившиеся в современной флоре и фауне или в определенном регионе как остаток предковой группы. В прошедшие геологические эпохи они были широко распространены и играли большую роль в экосистемах.

Правообладатель Народная асвета

Движущими силами эволюции являются естественный отбор и борьба за существование. Различают две формы борьбы за существование: прямую и косвенную борьбу. В природе наблюдается две основные формы естественного отбора: движущий и стабилизирующий.

1. Чем современное представление о борьбе за существование отличается от ее определения по Дарвину? **2.** В чем различие между прямой и косвенной борьбой за существование? Приведите примеры. **3.** Охарактеризуйте механизм действия естественного отбора с позиций современной генетики. **4.** Какую роль в эволюции играют движущий и стабилизирующий естественный отбор? **5.** Как можно объяснить, что до настоящего времени сохранились древние (реликтовые) организмы? **6.** Среднее значение нормы реакции длины крыльев у птиц данного вида составляет $10{,}5 \pm 2{,}3$ см. Выберите из приведенных вариантов значений данного показателя его вероятные значения при длительном действии на вид: 1) движущего отбора; 2) стабилизирующего отбора. Варианты длины крыльев: а) $13{,}2 \pm 2{,}3$ см; б) $10{,}5 \pm 1{,}2$ см; в) $10{,}5 \pm 4{,}8$ см; г) $9{,}8 \pm 2{,}3$ см; д) $10{,}5 \pm 2{,}3$ см; е) $10{,}5 \pm 1{,}8$ см. Аргументируйте свой выбор.

§ 31. Приспособления — основной результат эволюции

Долгое время приспособленность организмов к среде обитания считалась изначальной и данной творцом. Эволюционная теория Дарвина доказала, что появление приспособлений — адаптаций — закономерный результат действия естественного отбора. Как и почему меняются свойства живых организмов? Что обеспечивает устойчивое воспроизведение этих свойств в ряду поколений? Эти вопросы являются предметом исследований эволюционной биологии.

Механизм возникновения адаптаций. Каждое приспособление и весь их комплекс у организмов не появляются в готовом виде. Они формируются постепенно в процессе борьбы за существование путем естественного отбора случайных наследственных изменений, повышающих жизнеспособность организмов в конкретной среде. Классическим примером, позволяющим проследить механизм возникновения адаптаций, является развитие темной покровительственной окраски у бабочек вида березовая пяденица. Чуть более 100 лет назад в Англии были широко распространены березовые пяденицы светлой окраски с небольшим числом темных пятен. Днем они сидели на стволах берез и были практически незаметны. В связи с развитием промышленности дым и копоть постепенно оседали на стволах берез, и их кора приобрела темный цвет. На этом фоне светлые бабочки стали хорошо заметны и активно поедались птицами. В результате мутаций у некоторых бабочек появилась темная окраска. Она давала им преимущество в борьбе за существование, так как де-

Правообладатель Народная асвета

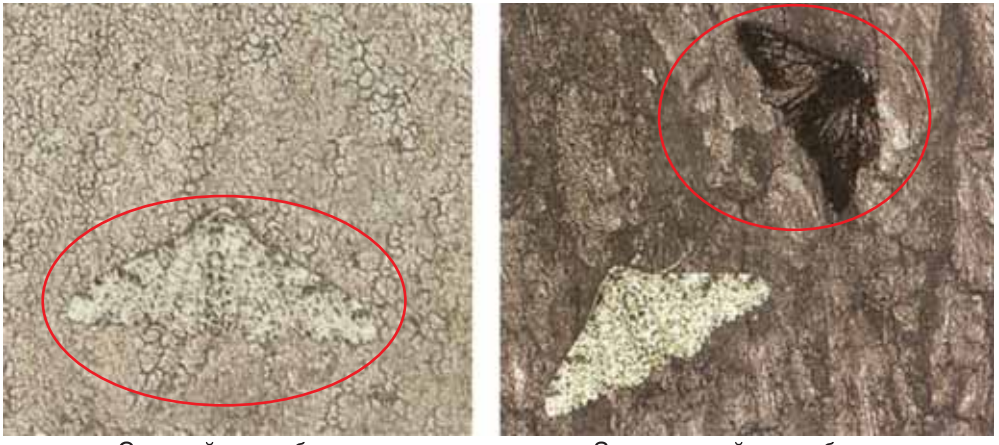


Рис. 51. Мутационная изменчивость березовой пяденицы

лала менее заметными для птиц (рис. 51). Темные бабочки сохранялись в результате естественного отбора и оставляли потомство. Постепенно они вытеснили светлых бабочек в промышленных районах, и те сохранились только в сельской местности. Так за относительно короткий срок у бабочек выработалась адаптация к новым условиям среды в виде покровительственной окраски.

Следовательно, для возникновения адаптации необходимо наличие элементарного эволюционного материала (мутации и их комбинации) и движущих сил эволюции (борьба за существование и естественный отбор). Появление в популяции удачного фенотипа — носителя ценных мутаций — еще нельзя рассматривать как адаптацию. Необходимо, чтобы случайные полезные отклонения отдельных особей под действием естественного отбора превратились в полезный признак для всей популяции или вида в целом.

Виды адаптаций. Существуют следующие виды адаптаций организмов: морфологические, физиологические, биохимические, поведенческие (этологические).

Морфологические адаптации — особенности окраски и строения тела, повышающие выживаемость организмов в данной среде. Из большого числа морфологических адаптаций наиболее значимыми являются средства пассивной защиты: покровительственная и предостерегающая окраска, мимикрия. Они повышают шанс особей выжить и оставить потомство.

Покровительственная окраска — окраска тела организмов, позволяющая им слиться с фоном среды и стать менее заметными для врагов. Покровитель-

Правообладатель Народная асвета

Однотонная

Расчленяющая

Рис. 52. Покровительственная окраска

ственная окраска бывает однотонной или расчленяющей (рис. 52). Например, зеленые гусеница и кузнечик почти не заметны на фоне листьев и травы. Заяц беляк, песец, горностай не видны на фоне белого снега. Хамелеон и камбала могут менять окраску под цвет среды путем перераспределения пигментов в кожных покровах. Тигры едва заметны даже на небольшом расстоянии из-за совпадения полос на их теле с чередованием света и тени в среде.

Предостерегающая окраска — яркая, хорошо заметная окраска тела у несъедобных или имеющих средства защиты организмов (рис. 53). Хищник, пытаю-

Божья коровка

Коралловый аспид

Рис. 53. Предостерегающая окраска

Правообладатель Народная асвета

Рис. 54. Мимикрия у насекомых

щийся съесть такую жертву, получает отпор и в дальнейшем не трогает особей с такой окраской. Божья коровка имеет ярко-красную окраску с черными точками, которая является сигналом ее токсичности. Осы, пчелы и шмели чередованием ярких желтых и черных полос предупреждают о наличии у них жала. Ядовитые змеи обычно имеют хорошо заметный, контрастный рисунок на теле.

Мимикрия (от греч. *mimikós* — подражательный) — подражание незащищенных и съедобных видов представителям видов, имеющих средства защиты или несъедобных. При этом объектом подражания могут быть как животные, так и растения. Вид-подражатель вводит в заблуждение хищника и повышает свой шанс выжить. Некоторые мухи (большеголовка, сирфида, журчалка) и бабочки (стеклянница) подражают шершням и пчелам. В лесах Амазонии среди ядовитых бабочек геликонид встречаются очень на них похожие съедобные бабочки из семейства белянок (рис. 54).

К средствам пассивной защиты также относятся твердые покровы (раковины моллюсков, панцири черепах) и иглы (ежи, дикобразы). У растений эту роль играют колючки (барбарис, шиповник, боярышник, акация) и жгучие железистые волоски (крапива, шалфей, борщевик).

Физиологические адаптации — особенности процессов жизнедеятельности, благоприятные для жизни в данной среде. Это адаптации по поддержанию постоянной температуры тела: потоотделение, тепловая одышка, мышечная дрожь, расширение и сужение сосудов кожи и др. К недостатку кислорода у жителей высокогорий выработалась адаптация в виде повышенного количества эритроцитов и гемоглобина в крови. У ныряющих водных животных в мышцах содержится большое количество миоглобина, связывающего кислород. К физио-

Правообладатель Народная асвета

логическим адаптациям можно отнести способность животных и растений поддерживать водный баланс в организме при разной обеспеченности среды водой.

Биохимические адаптации — особенности химического состава тела и биохимических реакций, позволяющие организму реагировать на изменения окружающей среды. При увеличении освещенности ускоряется процесс фотосинтеза у растений. При низкой температуре среды у животных усиливается энергетический обмен. Для привлечения насекомых-опылителей у растений синтезируются эфирные масла, придающие цветкам аромат.

Поведенческие (этологические) адаптации — особенности поведения отдельных организмов или их групп, направленные на выживание и размножение в данной среде. С разнообразием поведенческих адаптаций у животных и птиц вы познакомились в курсе биологии 8-го класса. Ряд поведенческих реакций у организмов носит врожденный характер (*инстинкты*). Они проявляются в виде активного сооружения гнезд или нор, насиживания яиц, заботы о потомстве, брачных игр, сезонных миграций и др. В течение жизни у особей появляются приобретенные адаптации (*условные рефлексы*). Это выбор мест для ночевки, защиты от холода или жары, объединение в стаи для успешной охоты, выбор троп к водопою и др.

Относительный характер приспособленности. Любое приспособление относительно в пространстве и во времени, так как полезно только в данной среде и в данное время. Существует целый ряд фактов, доказывающих относительный характер приспособленности.

Во-первых, при изменении условий среды или переходе в другую среду полезные приспособления могут стать бесполезными или даже вредными. Например, заяц беляк в бесснежную зиму еще более заметен для хищников. Темноокрашенные березовые пяденицы хорошо заметны для птиц на светлых стволах берез в сельской местности.

Во-вторых, ни одно защитное приспособление не обеспечивает абсолютную безопасность для их обладателей. Так, еж и мангуст могут без вреда для себя ловить ядовитых змей, имеющих предупреждающую окраску. Некоторые птицы поедают ос и пчел, несмотря на жало. Крупные хищные птицы кормятся черепахами, чье тело защищает твердый панцирь.

В-третьих, наличие нецелесообразных признаков или неоправданного поведения организмов доказывает, что не все признаки полезны. Например, у горных гусей имеются перепонки, хотя они не плавают. Зимой при наступлении теплой погоды некоторые растения могут зацветать. Холодной весной может наблюдаться прилет водоплавающих птиц еще до вскрытия водоемов.

В-четвертых, наличие у организмов ***рудиментов*** — органов, утративших свое значение и находящихся на стадии исчезновения. Это доказывает, что при-

Правообладатель Народная асвета

способления временны и могут исчезать. Например, у человека есть копчик, состоящий из рудиментарных хвостовых позвонков, хорошо развитых у далеких предков человека, живших на деревьях. При наземном образе жизни хвост утратил свое значение и постепенно удаляется естественным отбором.

Для возникновения адаптации необходимо наличие элементарного эволюционного материала (мутаций и их комбинаций) и движущих сил эволюции (борьбы за существование и естественного отбора). Адаптации могут быть морфологические, физиологические, биохимические, поведенческие. Любое приспособление относительно в пространстве и во времени, так как полезно в данной среде и в данное время.

1. Объясните механизм возникновения адаптаций. **2.** Охарактеризуйте разнообразие морфологических адаптаций. **3.** Приведите примеры физиологических и биохимических адаптаций у растений и животных. **4.** Чем различаются врожденные и приобретенные поведенческие адаптации? **5.** Приведите доказательства относительного характера приспособленности. **6.** Установите соответствие между видами морфологических адаптаций и их примерами. *Виды адаптаций*: 1. Покровительственная окраска. 2. Предупреждающая окраска. *Примеры адаптаций*: а) кузнечик; б) божья коровка; в) горностай; г) шмель; д) тигр; е) песец; ж) камбала; з) ядовитая змея. **7.** Представьте, что в результате потепления климата в нашем регионе зимой совсем перестанет выпадать снег. Что произойдет с популяциями зайца беляка? Опишите ход предполагаемых процессов с точки зрения эволюции.

§ 32. Видообразование. Факторы и способы видообразования

Понятие о видообразовании. Признавая реальность вида, Дарвин доказал, что в природе постоянно происходит процесс *видообразования* — возникновения новых видов на основе существующих под влиянием движущих сил эволюции. Согласно современным представлениям об эволюции, образование нового вида происходит в пределах популяции — элементарной единицы эволюции. Популяции являются генетически открытыми системами. И пока между ними происходит поток генов в результате миграции особей, вид остается единой генетически закрытой системой. Однако возникновение изоляции (барьера) между двумя популяциями приводит к накоплению в них наследственных различий, препятствующих скрещиванию особей этих популяций при последующих встречах. Это доказывает, что популяции становятся генетически закрытыми системами и, следовательно, новыми видами. Значит, произошел процесс видообразования.

Видообразование — эволюционный процесс превращения генетически открытых систем — популяций — в генетически закрытые системы — новые виды.

Правообладатель Народная асвета

Видообразование — это сложный и длительный процесс, включающий промежуточные стадии и требующий наличия определенных факторов.

Факторы видообразования. В популяциях одного вида действие предпосылок эволюции приводит к возникновению разнообразия генотипов и фенотипов. Это является основой для борьбы за существование и естественного отбора. Действие естественного отбора на популяции, условия обитания которых различаются, делает их немного разными. Однако различия между особями, возникшие в результате отбора, будут сглаживаться, если особи популяций начнут скрещиваться между собой. Для того чтобы на уровне этих популяций начался процесс видообразования, между ними необходимо наличие изоляции, препятствующей обмену генетической информацией. Выделяют две формы изоляции: географическую и биологическую.

Географическая (пространственная) изоляция — обособление определенной популяции от другой популяции того же вида какими-либо трудно преодолимыми барьерами. Первая причина — большие территориальные разрывы между популяциями у видов, имеющих мозаичные ареалы. Возникновение этих разрывов может быть связано с ледниками, деятельностью человека или расселением популяций за пределы исходного ареала. Вторая причина — географические барьеры, разделяющие популяции (реки, горы, ущелья, участки леса, луга, болота). Географическая изоляция препятствует свободному скрещиванию особей разделенных популяций вследствие невозможности их встречи из-за географического барьера.

Биологическая изоляция обусловлена биологическими различиями между особями популяций. В зависимости от характера различий выделяют четыре вида биологической изоляции: экологическую, этологическую, морфофизиологическую и генетическую.

Экологическая изоляция обусловлена смещением репродуктивных периодов (сроков цветения, гнездования, спаривания, нереста) или разными местами размножения, что препятствует свободному скрещиванию особей популяций.

Если популяции травянистых растений попадают в зону повышенного увлажнения, то у них по сравнению с другими популяциями сдвигаются сроки цветения. У птиц популяции одного вида могут различаться сроками гнездования и спаривания в зависимости от расположения гнезд в разных частях кроны деревьев или в кустарниковом ярусе.

Этологическая изоляция обусловлена особенностями поведения особей в брачный период. Ничтожные на первый взгляд отличия в ритуалах ухаживания при обмене зрительными, звуковыми, химическими сигналами могут приводить к прекращению этого ритуала и ограничению спаривания.

Морфофизиологическая изоляция обусловлена различиями в размерах особей или в строении мужских копулятивных органов (некоторые виды легочных

Правообладатель Народная асвета

моллюсков, грызунов). Она не мешает встрече полов, но препятствует скрещиванию особей из-за невозможности оплодотворения.

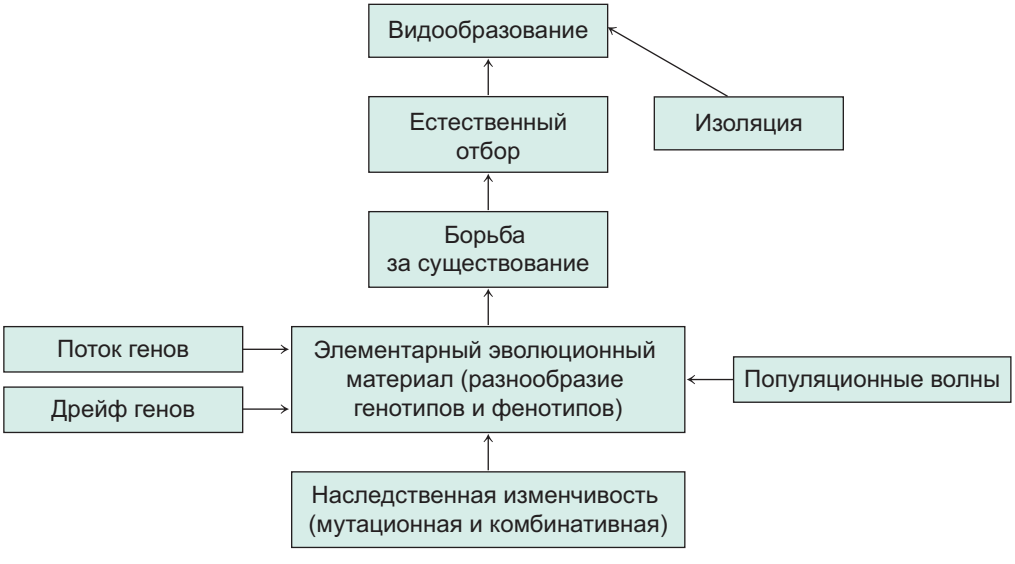
Генетическая изоляция обусловлена крупными хромосомными и геномными перестройками, вызывающими различия в числе, форме и составе хромосом. Она не препятствует встрече полов и оплодотворению. Но исключает обмен генетической информацией между популяциями вследствие гибели зигот после оплодотворения, различной степени стерильности гибридов и их пониженной жизнеспособности.

Действие любой формы изоляции на эволюционный материал ненаправленно, но является обязательным условием усиления генетических различий между популяциями. Важная характеристика изоляции — ее длительность, благодаря чему действие разнонаправленного естественного отбора приводит к расхождению признаков популяций — ***дивергенции***. В результате популяции превращаются в *разновидности*, или *расы*. Сохранение изоляции приводит к усилению различий между разновидностями, и они превращаются в *подвиды*. Если усиление различий между подвидами будет препятствовать их скрещиванию, значит, они стали генетически закрытыми системами. Между ними возникла репродуктивная изоляция. Подвиды превратились в *новые виды*.

Таким образом, факторами видообразования (см. схему) являются:

1) предпосылки эволюции: мутационная и комбинативная изменчивость, популяционные волны, поток и дрейф генов, изоляция;

2) движущие силы эволюции: борьба за существование, естественный отбор.



Правообладатель Народная асвета

Процессы, протекающие внутри вида на уровне популяций под действием этих факторов и приводящие к образованию новых видов, можно рассматривать как начальный этап эволюции — *микроэволюцию*.

Далее эволюция продолжается на уровне видов, родов, семейств по тому же механизму и под действием тех же предпосылок и движущих сил эволюции. Этот этап эволюции называется *макроэволюцией*. Микроэволюция и макроэволюция являются этапами единого эволюционного процесса.

Способы видообразования. В зависимости от формы изоляции популяций выделяют два способа видообразования: аллопатрическое и симпатрическое.

Аллопатрическое (от греч. *állos* — разный, *pátris* — родина) ***видообразование*** протекает при наличии географической изоляции. Популяции одного вида разобщены большими расстояниями или географическими препятствиями (рис. 55, *1* — *4*). Образующиеся при этом географические расы и подвиды имеют ареалы, которые не перекрываются с материнским ареалом. Примером аллопатрического видообразования может служить наличие двух подвидов американской белки и трех подвидов голубых соек (рис. 56). Они обитают в разных географических районах Северной Америки. На евроазиатском континенте есть три подвида большой синицы, которые образовались в результате географической изоляции. Существуют также подвиды воробьев, крапивников, дятлов, которые имеют разные ареалы распространения.

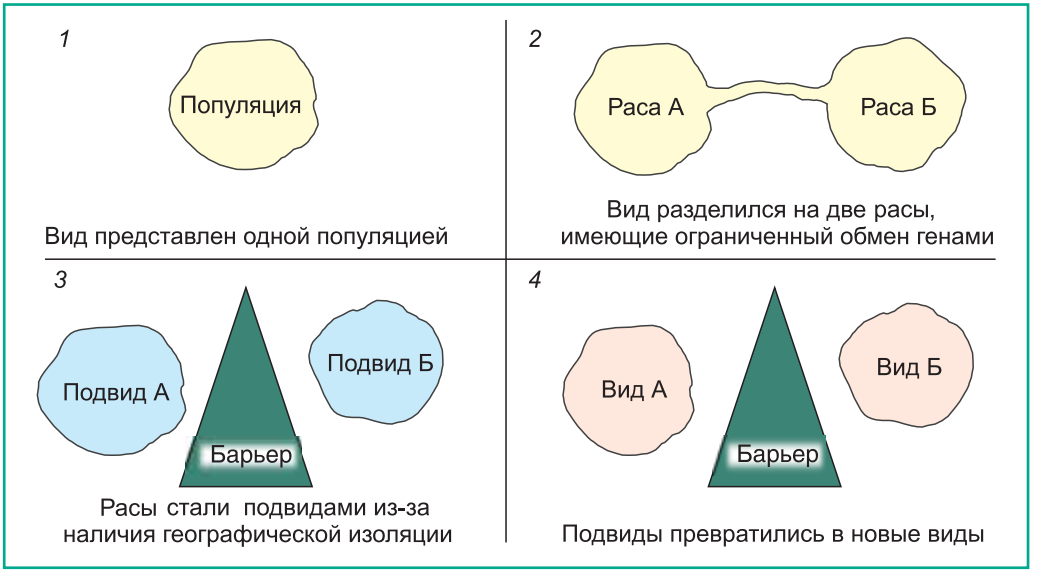


Рис. 55. Схема аллопатрического видообразования

Правообладатель Народная асвета

Рис. 56. Примеры аллопатрического видообразования

Симпатрическое видообразование (от греч. *sýn* — вместе, *pátris* — родина) протекает при наличии биологической изоляции. Популяции одного вида находятся в пределах материнского ареала, но не могут скрещиваться в силу биологических различий между их особями. Симпатрическое видообразование может проявляться у растений при специализации насекомых-опылителей в опылении цветков определенной формы. Например, пчелы являются изолирующим фактором между расами растений львиного зева. Они никогда не переходят с облета цветков одной расы на другую. У некоторых растений (большого погремка, белой мари) образуются сезонные расы, различающиеся по срокам цветения. У ряда видов рыб (сельдь, окунь, сазан и др.) сосуществуют сезонные расы с разными сроками нереста.

Факторами видообразования являются: предпосылки и движущие силы эволюции. Выделяют географическую и биологическую формы изоляции. В зависимости от формы изоляции в природе может протекать аллопатрическое или симпатрическое видообразование. Видообразование является результатом микроэволюции.

1. Чем современное представление о видообразовании отличается от дарвиновского? **2.** Какие формы изоляции выделяют? В чем их различия? **3.** Охарактеризуйте способы видообразования. Что между ними общего? В чем различия? **4.** Раскройте механизм микроэволюции. **5.** Установите соответствие между способами видообразования и их примерами. *Способы видообразования*: 1. Аллопатрическое. 2. Симпатрическое. *Примеры*: а) расы окуня с разными сроками нереста; б) подвиды воробьев с разными ареалами; в) расы погремка с разными сроками цветения; г) расы сельди с разными сроками нереста; д) подвиды дятлов с разными ареалами; е) расы белой мари с разными сроками цветения; ж) подвиды большой синицы с разными ареалами. **6.** Две популяции зайцев живут на разных берегах реки.

Правообладатель Народная асвета

Зимой, когда река покрывается льдом, они могут встречаться и скрещиваться. Что произойдет с этими популяциями, если в результате потепления климата на реке не будет образовываться лед? Опишите ход предполагаемых процессов с точки зрения эволюции.

§ 33. Прогресс и регресс в эволюции. Пути достижения биологического прогресса

Прогресс и регресс в эволюции. Если проанализировать историю развития органического мира, то можно заметить, что многие таксономические группы организмов с ходом времени становились более совершенными и многочисленными. Однако отдельные группы постепенно сокращали свою численность и исчезали с арены жизни. Следовательно, эволюция протекала в двух направлениях. Учение об основных направлениях эволюции — биологическом прогрессе и биологическом регрессе было разработано А. Н. Северцовым и дополнено его учеником И. И. Шмальгаузеном.

Биологический прогресс (от лат. *progressus* — движение вперед) — направление эволюции, характеризующееся повышением приспособленности организмов определенной систематической группы к окружающей среде. Появление новых приспособлений обеспечивает организмам успех в борьбе за существование, сохранение и размножение в результате естественного отбора. Это приводит к вспышке численности и, как следствие, к освоению новых мест обитания и формированию многочисленных популяций. Популяции, оказавшиеся в разных условиях среды, подвергаются действию разнонаправленного естественного отбора. В результате они постепенно превращаются в новые виды, виды — в роды и т. д. В результате систематическая группа (вид, род, семейство и др.) находится в состоянии процветания, так как включает много подчиненных форм.

Таким образом, биологический прогресс является результатом успеха систематической группы в борьбе за существование, благодаря повышению приспособленности ее особей.

Биологический регресс (от лат. *regressus* — возвращение, движение назад) — направление эволюции, характеризующееся снижением приспособленности организмов определенной систематической группы к условиям обитания. Если у организмов темпы эволюции (формирование приспособлений) отстают от изменений внешней среды и родственных форм, то они не могут конкурировать с другими группами организмов. Это значит, что они будут удаляться естественным отбором. Произойдет снижение численности особей. В результате уменьшится площадь заселенной ими территории и, как следствие, сократится число таксонов. В результате может произойти вымирание данной группы.

Правообладатель Народная асвета

Таким образом, биологический регресс — постепенное вымирание систематической группы (вида, рода, семейства и др.) вследствие снижения приспособленности ее особей. Деятельность человека также может приводить к биологическому регрессу некоторых видов. Причиной может быть прямое истребление (зубр, соболь, стеллерова корова и др.). Но это может произойти и в результате сокращения ареалов при освоении новых территорий (дрофа, журавль белый, жаба камышовая и др.). Виды, находящиеся в состоянии биологического регресса, заносятся в Красную книгу и подлежат охране.

В четвертое издание Красной книги Республики Беларусь включено 202 вида животных, 189 — растений, 34 — мхов, 21 — водорослей, 25 — лишайников и 34 вида грибов. Очень важным природоохранным мероприятием является создание так называемых красных тетрадей — списков редких видов данной местности, составляемых юными экологами в школах.

Признаки, характерные для биологического прогресса и биологического регресса, представлены в таблице 5.

Таблица 5. **Признаки биологического прогресса и регресса**

Биологический прогресс	Биологический регресс
Увеличение численности особей	Уменьшение численности особей
Расширение ареала	Сокращение ареала
Увеличение числа популяций, подвидов, видов и т. д. (прогрессивная дифференциация)	Уменьшение числа систематических групп более низкого ранга (снижение разнообразия особей)

Пути достижения биологического прогресса. Биологический прогресс может достигаться тремя основными путями — посредством арогенеза, аллогенеза и катагенеза. Каждый из путей характеризуется возникновением у организмов определенных приспособлений (адаптаций).

Арогенез (от греч. *áirō* — поднимаю, *génesis* — развитие) — путь развития адаптаций, повышающих уровень организации особей и их приспособленность к различным средам обитания до такой степени, что это позволяет им перейти в новую среду жизни (например, из водной среды в наземно-воздушную). Эти адаптации называются *ароморфозами* (от греч. *áirō* — поднимаю, *mórphōsis* — образец, форма). Они представляют собой глубокие изменения в строении и функциях организмов. В результате появления данных адаптаций значительно повышается уровень организации и интенсивность процессов жизнедеятельности организмов. Поэтому Северцов называл ароморфозы ***морфофизиологическим прогрессом***. Примеры основных ароморфозов представлены в таблице 6.

Правообладатель Народная асвета

Таблица 6. **Основные ароморфозы у животных и растений**

Животные	Растения
Двусторонняя (билатеральная) симметрия тела	Хлорофилл и хлоропласты (фотосинтез)
Два типа половых систем	Ткани (покровная, механическая, проводящая)
Подвижные конечности	Органы (корень, стебель, лист)
Трахейное дыхание у беспозвоночных животных	Чередование поколений (спорофит и гаметофит)
Легочное дыхание у позвоночных животных	Цветок и плод
Центральная нервная система, развитые отделы головного мозга	Двойное оплодотворение (без воды)
Четырехкамерное сердце	
Два круга кровообращения (теплокровность)	
Альвеолярные легкие	

Арогенез приводит к появлению крупных систематических групп (классов, отделов, типов, царств). Примерами арогенеза является возникновение отделов голо- и покрытосеменных растений, классов наземных позвоночных животных и др.

Аллогенез (от греч. *állos* — другой, иной, *génesis* — происхождение, возникновение) — путь развития частных адаптаций, не изменяющих уровень организации особей. Но они позволяют особям более полно заселить прежнюю среду обитания. Эти адаптации называются *алломорфозами*. Алломорфозы возникают на основе ароморфозов и представляют собой разнообразие форм органов без изменения их внутреннего строения. Примерами алломорфозов могут быть разные формы конечностей у позвоночных (рис. 57), клювов и ног у птиц, разные типы листьев, стеблей, цветков у растений и др. За счет алломорфозов аллогенез приводит к увеличению видового разнообразия в пределах крупных систематических групп. Например, увеличение видового разнообразия класса двудольных растений произошло за счет появления разной формы цветков.

Катагенез (от греч. *kata* — приставка, означающая движение сверху вниз, *génesis* — происхождение, возникновение) — особый путь эволюции в более простой среде, сопровождающийся редукцией отдельных систем органов с одновременным повышением эффективности репродуктивной системы. Упрощения систем органов проявляют себя как адаптации, поэтому закрепляются естественным отбором. Эти адаптации называются *катаморфозами*. А. Н. Северцов

Правообладатель Народная асвета

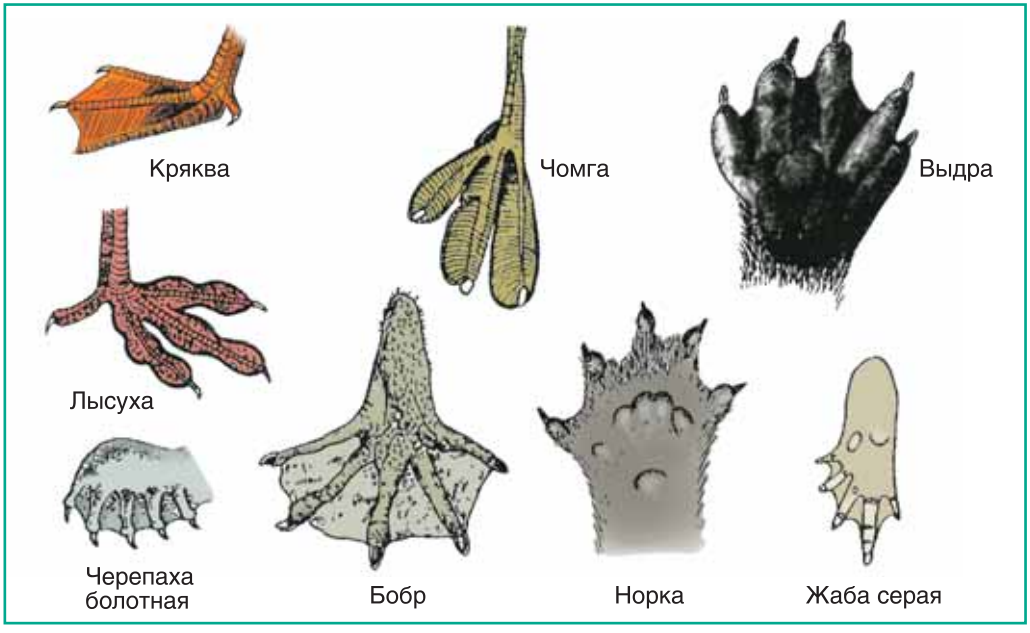


Рис. 57. Алломорфозы — разнообразие форм конечностей позвоночных животных

называл их *общей дегенерацией*. Примерами катаморфозов являются: редукция нервной системы, органов чувств, движения и пищеварения у паразитических червей; утрата листьев и корней у растений-паразитов и др. Упрощение организации у паразитических форм сопровождается совершенствованием репродуктивной системы. Это приводит к их процветанию, т. е. к биологическому прогрессу, сочетающемуся с морфофизиологическим регрессом.

А. Н. Северцов также отмечал, что в ходе эволюции наблюдается закономерная смена путей эволюции (закон Северцова) (рис. 58, с. 144). Любая крупная систематическая группа начинает свое развитие по пути арогенеза благодаря появлению ароморфозов. Это позволяет ей перейти в новую среду обитания. Далее организмы расселяются в различные местообитания. На основе ароморфозов возникают алломорфозы, и эволюция протекает по пути аллогенеза. В результате происходит полное заселение новой среды и т. д. Северцов рассматривал катагенез как частный случай при арогенезе и аллогенезе.

Основными направлениями эволюции являются биологический прогресс (процветание таксономической группы) и биологический регресс (вымирание таксономической группы). Биологический прогресс может достигаться разными путями: посредством арогенеза, аллогенеза и катагенеза.

Правообладатель Народная асвета

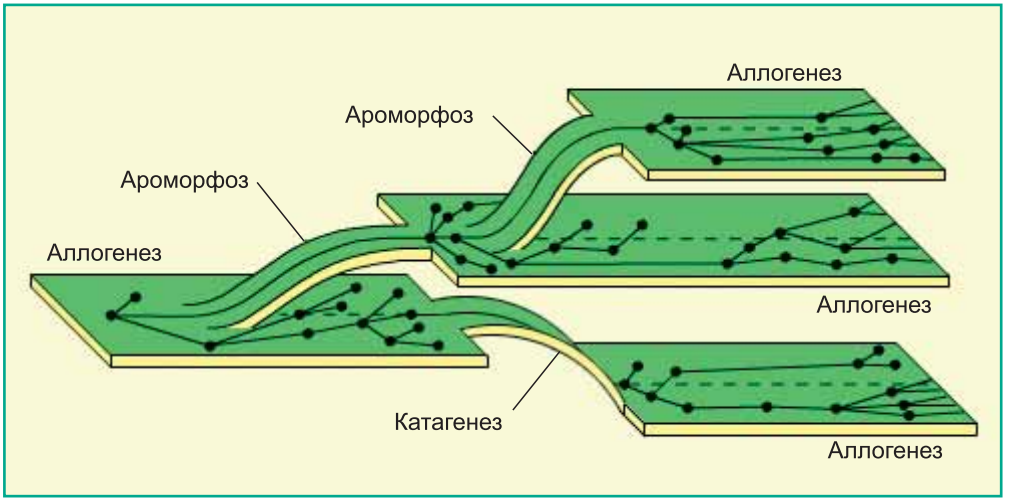


Рис. 58. Схема закономерной смены путей эволюции

1. Назовите признаки биологического прогресса и биологического регресса. **2.** Чем различаются понятия «биологический прогресс» и «морфофизиологический прогресс»? **3.** Укажите, какие из перечисленных терминов являются названиями путей эволюции: катагенез, конвергенция, арогенез, биологический прогресс, дивергенция, аллогенез, биологический регресс. Охарактеризуйте эти пути. **4.** Какие ароморфозы позволили растениям выйти на сушу? **5.** Благодаря каким алломорфозам млекопитающие достаточно полно заселили наземно-воздушную среду? **6.** Назовите катаморфозы, позволяющие организмам перейти к паразитическому образу жизни. **7.** Укажите, какие из перечисленных ниже приспособлений животных к наземным условиям являются ароморфозами, а какие — алломорфозами: альвеолярные легкие, крыло птицы, конечность крота, четырехкамерное сердце, нога лошади, внутреннее оплодотворение. **8.** Используя знания систематики позвоночных животных, составьте схему, отражающую закономерную смену путей их эволюции — закон Северцова.

§ 34. Способы осуществления эволюционного процесса

Почему родственные группы организмов в природе могут иметь существенные морфологические различия, тогда как у неродственных групп порой наблюдается сходное строение? Объясняется это тем, что формирование признаков у первых и вторых произошло в результате разных способов осуществления эволюционного процесса — дивергенции и конвергенции.

Дивергенция как способ эволюции. Как уже отмечалось, если между популяциями одного вида возникает изоляция, то под действием разнонаправленно-

Правообладатель Народная асвета

го отбора у них будут закрепляться разные признаки. То есть будет происходить расхождение признаков — дивергенция. На уровне микроэволюции дивергенция приводит к видообразованию, на уровне макроэволюции — к образованию новых надвидовых систематических групп.

Дивергенция (от лат. *divergo* — отклоняюсь, отхожу) — ***расхождение признаков у родственных организмов или их групп, обитающих в разных экологических условиях.***

Дарвин считал основной причиной дивергенции острую внутривидовую конкуренцию. По современным представлениям дивергенция возникает в результате действия разнонаправленного естественного отбора при наличии изоляции. Необходимым условием является различие условий среды обитания особей. Например, когда млекопитающие начали расселяться на суше, то в конкретных условиях выживали и размножались особи, имеющие форму конечностей, наиболее благоприятную для передвижения в этих условиях. Сохранение отбором любых полезных отклонений формы конечностей в ряду поколений привело к формированию различных типов конечностей у обитателей разных мест. Так, у крота, обитающего в почве, конечности копательного типа. У выдры для передвижения в воде конечности плавательного типа. Для шимпанзе характерны хватательные конечности. У северного оленя, преодолевающего большие расстояния в поисках пищи, конечности бегательного типа и т. д. Все перечисленные типы конечностей являются гомологичными органами, так как имеют сходный план строения, а наблюдающиеся различия являются фенотипическими.

Гомологичные (от греч. *homólogos* — подобный) ***органы*** — органы, которые независимо от выполняемых функций, имеют общий план строения и развиваются из одних тех же зачатков в ходе эмбрионального развития.

Таким образом, дивергенция приводит к появлению различий у родственных организмов и формированию у них гомологичных органов.

Конвергенция как способ эволюции. Если популяции, относящиеся к разным таксонам, обитают в одной и той же среде, то под действием однонаправленного отбора у них будут закрепляться сходные признаки. То есть будет происходить процесс формирования сходного фенотипического облика — конвергенция.

Конвергенция (от лат. *convergo* — приближаюсь, схожусь) — ***независимое развитие сходных признаков (схождение признаков) у неродственных организмов или их групп, обитающих в одинаковой среде.***

Следует отметить, что конвергенция затрагивает только органы или их комплексы, но не организмы или виды в целом. Фенотипическое сходство наблюдается у тех органов, которые выполняют одинаковую функцию и находятся под влиянием одних и тех же условий среды. Это сходство является только внеш-

Правообладатель Народная асвета

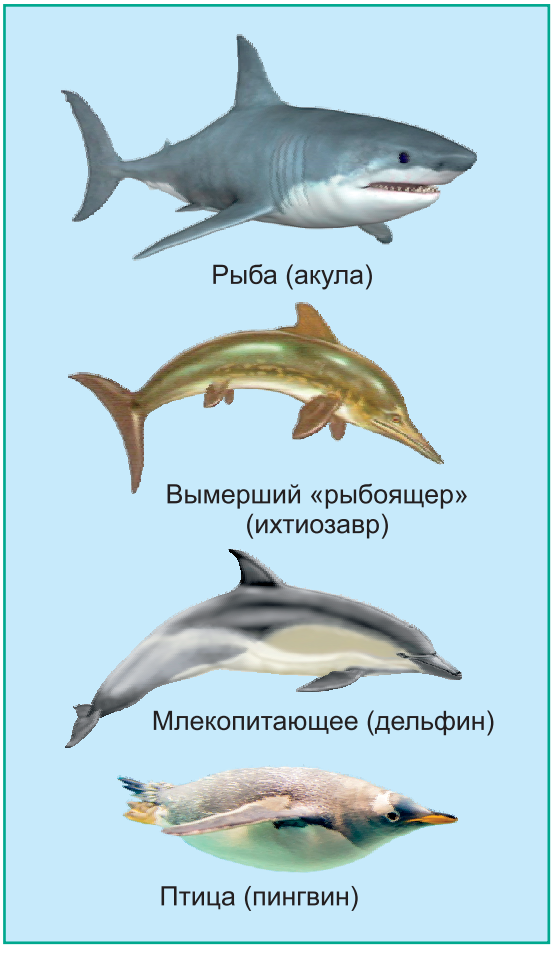


Рис. 59. Конвергенция по форме тела у представителей разных классов животных, обитающих в воде

ним и не касается внутреннего строения органов, имеющих разное происхождение. Например, конвергентное сходство имеют форма тела акулы (первичноводные) и кита (вторичноводные), крыло бабочки и крыло птицы. Эти органы являются аналогичными, так как выполняют одну и ту же функцию и имеют внешнее сходство.

Аналогичные (от греч. *analogia* — соответствие, сходство) ***органы*** — органы, имеющие разное происхождение и неодинаковый план строения, но выполняющие одинаковые функции и обладающие внешним сходством.

Сходство может наблюдаться у групп животных, значительно и поразному отстоящих друг от друга в систематическом отношении. Примером конвергенции можно считать подобие формы тела у акул, ихтиозавров, дельфинов и пингвинов (рис. 59).

Следовательно, конвергенция приводит к появлению фенотипического сходства у неродственных организмов и формированию у них аналогичных органов.

Формирование морфологических особенностей в разных группах организмов может происходить за счет дивергенции и конвергенции. Дивергенция приводит к формированию гомологичных органов у родственных организмов, обитающих в разных экологических условиях. Конвергенция — процесс появления аналогичных органов у неродственных организмов, обитающих в одинаковой среде.

Правообладатель Народная асвета

1. Укажите, какие из перечисленных терминов являются названиями способов эволюции: катагенез, конвергенция, арогенез, биологический прогресс, дивергенция, аллогенез, биологический регресс. **2.** Охарактеризуйте механизм дивергенции. **3.** Назовите органы млекопитающих, которые сформировались в результате дивергенции. **4.** Приведите примеры конвергенции у разных систематических групп. **5.** Установите соответствие между видами млекопитающих и типами их конечностей. *Млекопитающие*: 1. Выдра. 2. Крот. 3. Северный олень. 4. Шимпанзе. 5. Кряква. 6. Медведка. *Типы конечностей*: а) бегательные; б) хватательные; в) копательные; г) плавательные. **6.** Почему дивергенция на уровне микроэволюции носит обратимый характер, а на уровне макроэволюции она необратима? Дайте аргументированный ответ. Приведите примеры.

§ 35. Макроэволюция. Основные доказательства эволюции

Согласно синтетической теории эволюции, протекающий в природе эволюционный процесс разделяется на два этапа: микроэволюцию и макроэволюцию.

Макроэволюция включает процессы, приводящие к появлению систематических единиц крупнее вида. Изучая макроэволюцию, современное естествознание накопило ряд научных фактов, доказывающих эволюцию органического мира. Доказательством эволюции может считаться любой научный факт, который доказывает хотя бы одно из следующих положений.

1. *Единство происхождения жизни* (наличие общих признаков у всех живых организмов).

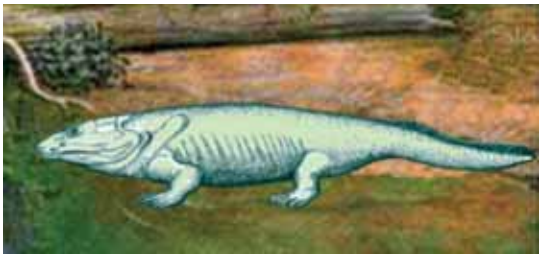
2. *Родственные связи между современными и вымершими организмами или между организмами в крупной систематической группе* (наличие общих признаков у современных и вымерших организмов или у всех организмов в систематической группе).

3. *Действие движущих сил эволюции* (факты, подтверждающие действие естественного отбора).

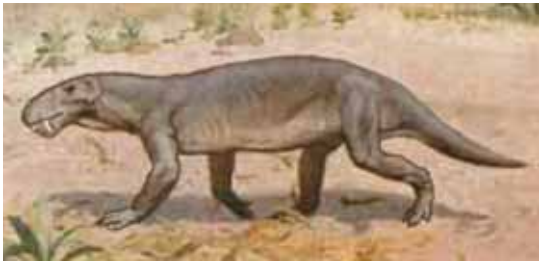
Доказательства эволюции, добытые и накопленные в рамках определенной науки, составляют одну группу доказательств и называются по названию данной науки. Рассмотрим палеонтологические, эмбриологические, сравнительно-анатомические и молекулярно-генетические примеры доказательств эволюции.

Палеонтологические доказательства эволюции. Палеонтология — наука об ископаемых остатках вымерших организмов. Основателем эволюционной палеонтологии считается русский ученый В. О. Ковалевский. К доказательствам эволюции можно отнести ископаемые переходные формы и филогенетические ряды современных видов.

Правообладатель Народная асвета



Ихтиостега



Звероящер

Археоптерикс

Рис. 60. Ископаемые переходные формы у животных

Ископаемые переходные формы — это вымершие организмы, сочетающие в себе признаки более древних и эволюционно более молодых групп. Они позволяют выявить родственные связи, доказывающие историческое развитие жизни. Такие формы установлены как среди животных, так и среди растений. Переходной формой от кистеперых рыб к древним земноводным — стегоцефалам — является *ихтиостега* (рис. 60). Эволюционную связь между пресмыкающимися и птицами позволяет установить *первоптица* (*археоптерикс*). Связующим звеном между пресмыкающимися и млекопитающими является *звероящер* из группы терапсид. Среди растений переходной формой от водорослей к высшим споровым являются *псилофиты* (первые наземные растения). Происхождение голосеменных от папоротниковидных доказывают *семенные папоротники*, а покрытосеменных от голосеменных — *саговниковые* (рис. 61).

Филогенетические (от греч. *phýlon* — род, племя, *genésis* — происхождение) ***ряды*** — последовательности ископаемых форм, отражающие историческое развитие современных видов (*филогенез*). В настоящее время такие ряды известны не только для позвоночных, но и для некоторых групп беспозвоночных животных. Русский палеонтолог В. О. Ковалевский восстановил филогенетический ряд современной лошади (рис. 62).

Правообладатель Народная асвета

Рис. 61. Переходные формы у растений

Рис. 62. Филогенетический ряд современной лошади

Эмбриологические доказательства эволюции. Эмбриология — наука, изучающая зародышевое развитие организмов. В рамках данной науки были сформулированы закон зародышевого сходства (К. Бэр) и биогенетический закон (Э. Геккель, Ф. Мюллер), доказывающие эволюцию.

Сравнивая зародышевые стадии представителей разных классов позвоночных животных, натуралист К. Бэр в начале XIX в. сформулировал ***закон зародышевого сходства: чем более ранние стадии индивидуального развития исследуются, тем больше сходства обнаруживается между разными организмами*** (рис. 63). Этот закон доказывает родственные связи между организмами в крупной систематической группе.

Во второй половине XIX в. ученые Э. Геккель и Ф. Мюллер установили наличие связи между индивидуальным развитием особей (онтогенезом) и историче-

Правообладатель Народная асвета

Рис. 63. Сходство зародышевых стадий
разных таксономических групп млекопитающих

ским развитием видов (филогенезом). Они сформулировали ***биогенетический закон: онтогенез есть краткое повторение филогенеза.***

Позже биогенетический закон был дополнен А. Н. Северцовым и И. И. Шмальгаузеном. Они показали, что в онтогенезе повторяются не взрослые формы предков, а их зародышевые стадии, причем некоторые из них могут выпадать. Например, у человека зародыш имеет жаберные щели, сходные с таковыми у зародыша рыбы, а не у взрослой особи.

Биогенетический закон доказывает наличие родственных связей между современными организмами и их предками.

Сравнительно-анатомические доказательства эволюции. Сравнительная анатомия изучает строение организмов разных систематических групп в сравнительном плане. К доказательствам эволюции, установленным данной наукой, относятся: гомологичные и аналогичные органы, рудименты, атавизмы.

Правообладатель Народная асвета

Гомологичные органы формируются из одинаковых эмбриональных зачатков (на одной генетической основе) и занимают на теле организмов одинаковое положение. Например, передние конечности у разных позвоночных животных могут существенно отличаться в зависимости от выполняемой функции, но все они имеют сходное строение (рис. 64).

Пары гомологичных органов у животных составляют: плавательный пузырь рыб и легкие наземных позвоночных; ядовитые железы змей и слюнные железы других организмов; зубы млекопитающих и чешуя акул; жало пчелы и яйцеклад других насекомых.

Гомологичными органами у растений являются: колючки кактуса и барбариса, усики гороха, ловчие кувшины насекомоядных растений, почечные чешуи, пленчатые редуцированные листья хвоща. Все эти органы являются листьями по происхождению, но выполняют разные функции.

Гомологичные органы позволяют установить родственные связи между организмами и доказывают действие разнонаправленного естественного отбора.

Рис. 64. Гомологичные органы у позвоночных животных

Аналогичные органы формируются из разных эмбриональных зачатков (на разной генетической основе) и занимают на теле и внутри тела организмов неодинаковое положение. Например, разные по происхождению колючки у рас-

Правообладатель Народная асвета

Рис. 65. Аналогичные органы (колючки) у растений

тений (рис. 65). У животных к аналогичным органам относятся: жабры головастиков, рыб, морских кольчатых червей, личинок стрекоз; бивни моржа и слона; крылья птицы и бабочки; конечности крота и медведки (рис. 66).

Рис. 66. Аналогичные органы у животных

Аналогичные органы не позволяют установить родственные связи между организмами, но доказывают действие однонаправленного естественного отбора.

Рудименты (от лат. *rudimentum* — зачаток) — недоразвитые органы современных организмов, которые были хорошо развиты у их предков. Они постепенно утратили свое значение и сейчас находятся на стадии исчезновения. Рудименты сохраняются в течение всей жизни у всех особей данного вида. Примерами рудиментов являются: недоразвитые глаза у пещерных видов животных и кротов, зачат-

Правообладатель Народная асвета

ки крыльев у птицы киви, редуцированные зубы у муравьедов, зачатки задних конечностей у китов и дельфинов, задняя пара крыльев у мух (жужжальца), зачатки тазовых костей у змей. У человека к рудиментам относятся: аппендикс, мышцы ушной раковины, третье веко, копчик (см. рис. 72 на с. 164).

Рудименты подтверждают наличие родственных связей между современными и вымершими организмами. Они также доказывают действие естественного отбора, удаляющего ненужный признак.

Атавизмы (от лат. *atavus* — предок) — признаки отдаленных предков, появляющиеся у некоторых современных организмов как отклонение от нормы. Они были утрачены в процессе эволюции. Возникновение атавизмов доказывает, что в генотипах современных организмов сохранились гены предков, отвечающие за эти признаки. Но действие этих генов заблокировано. В случаях, когда блокирование снимается, проявляется признак предков. В отличие от рудиментов атавизмы присутствуют только у отдельных особей. К атавизмам относятся: выраженный волосяной покров на всем теле (см. рис. 73 на с. 164), развитый хвост и дополнительные пары молочных желез у человека, трехпалые конечности у лошади. Атавизмы доказывают родственные связи между современными и вымершими организмами.

Молекулярно-генетические доказательства эволюции. Молекулярная биология — наука, изучающая процессы жизнедеятельности организмов на молекулярном уровне. Генетика изучает закономерности наследственности и изменчивости организмов. В рамках этих наук было доказано, что у всех организмов наследственная информация хранится в ДНК, состоящей из четырех типов нуклеотидов. Эта информация зашифрована с помощью универсального триплетного кода. Как вы уже знаете, ДНК входит в состав хромосом, количество которых является видовой характеристикой. Расшифровка наследственной информации у всех организмов происходит в процессе транскрипции и трансляции с участием иРНК и тРНК. Все эти факты доказывают единство происхождения жизни и, следовательно, являются доказательствами эволюции.

Доказательства эволюции накоплены в области разных наук. Палеонтология установила наличие ископаемых переходных форм и филогенетические ряды современных видов. В эмбриологии были открыты закон зародышевого сходства и биогенетический закон. К сравнительно-анатомическим доказательствам эволюции относятся: гомологичные и аналогичные органы, рудименты и атавизмы. В рамках молекулярной биологии и генетики получены доказательства единства происхождения жизни.

Правообладатель Народная асвета

1. Объясните, почему ископаемые переходные формы и филогенетические ряды можно считать доказательствами эволюции. **2.** Какими доказательствами эволюции располагает эмбриология? **3.** Назовите молекулярно-генетические доказательства единства происхождения жизни. **4.** Выберите из предложенного перечня аналогичные органы животных: жабры головастиков, плавательный пузырь рыб, жабры рыб, легкие птиц, жабры личинок стрекоз. **5.** Укажите, какие из перечисленных ниже органов растений являются гомологичными, а какие — аналогичными: колючки барбариса, шипы ежевики, усики гороха, колючки робинии (белой акации), почечные чешуи. **6.** Объясните механизм образования рудиментов и появления атавизмов. В чем состоит различие между ними? Почему рудименты и атавизмы считают доказательствами эволюции?

§ 36. Классификация организмов. Принципы систематики. Современная биологическая система

Классификация организмов. Благодаря эволюции современный органический мир многообразен и уникален. Ученые предполагают, что сегодня на нашей планете обитает свыше 10 млн видов живых организмов. Поэтому очень важной является задача классифицировать известные виды по группам в определенной последовательности и системе. Это в итоге позволит установить для каждого организма свое место в мире живой природы.

Необходимость классификации живых организмов понимали еще ученые Древней Греции. Однако предложенные классификации того времени базировались лишь на немногочисленных признаках. Они касались преимущественно внешнего и внутреннего строения организмов и практически не учитывали родственные связи между ними. Эволюционная теория Ч. Дарвина заложила основу для создания современной классификации.

Классификация организмов — условное распределение всей совокупности живых существ по иерархически подчиненным группам в соответствии с какими-либо общими признаками.

Сегодня классификацией мира живой природы занимается *систематика* — наука о многообразии видов и родственных связях между организмами. В современной систематике при присвоении любому организму того или иного ранга основываются на ряде признаков. Например, на особенностях происхождения и исторического развития, морфологического и анатомического строения, размножения, эмбрионального развития. Также учитываются физиологические и биохимические особенности, тип запасных питательных веществ, химический состав клеток, число и состав хромосом и др.

Принципы систематики. Вы уже знаете, что первую научную систему живой природы создал в середине XVIII в. шведский ученый-естествоиспытатель Карл

Правообладатель Народная асвета

Линней. В основу данной системы автор положил два основных принципа: бинарной номенклатуры и иерархичности (соподчиненности). Эти принципы актуальны и в настоящее время. По ***бинарной номенклатуре*** каждый вид в своем названии имеет два слова: существительное и прилагательное. Существительное означает название рода, к которому относится вид, а прилагательное — видовой эпитет. Например, кошка лесная (*Felis silvestris*), яблоня домашняя (*Malus domestica*).

По современным правилам после видового эпитета обычно ставят фамилию ученого, впервые описавшего данный вид. Например, улитка виноградная Линнея (*Helix pomatia* Linnaeus или *Helix pomatia* L.).

Подобно тому как в учебном пособии изучаемые вопросы объединяются в параграфы, параграфы — в главы, происходит объединение организмов в систематические таксоны. В систематике это называют принципом ***иерархичности (соподчиненности)***. Всего выделяют семь наиболее распространенных систематических таксонов (табл. 7). Так *виды* животных объединяют в *роды*, *роды* — в *семейства*, *семейства* — в *отряды*, *отряды* — в *классы*, *классы* — в *типы*, *типы* — в *царства*. Следует помнить, что при классификации бактерий, грибов и растений вместо таксона *отряд* используют *порядок*, а вместо таксона *тип* — *отдел*.

Таблица 7. **Примеры классификации**

Таксоны	Животное	Таксоны	Растение
Вид	Лягушка травяная *Rana temporaria* L.	Вид	Клевер ползучий *Trifolium repens* L.
Род	Лягушки *Rana*	Род	Клевер *Trifolium*
Семейство	Лягушачьи *Ranidae*	Семейство	Бобовые *Fabaceae*
Отряд	Бесхвостые *Anura*	Порядок	Бобовоцветные *Fabales*
Класс	Земноводные *Amphibia*	Класс	Двудольные *Magnoliopsida*
Тип	Хордовые *Chordata*	Отдел	Покрытосеменные *Magnoliophyta*
Царство	Животные *Animalia*	Царство	Растения *Plantae*

Иногда в систематике используют такие категории, как надцарство и империя. Выделяют два надцарства — эукариоты (ядерные) и прокариоты (доядерные), которые включаются в империю клеточных организмов. Вторая империя представлена неклеточными формами жизни — вирусами.

Правообладатель Народная асвета

Биологическая система. В настоящее время наибольшее распространение получила биологическая система, разделяющая все живые организмы на пять царств: Бактерии, Протисты, Грибы, Растения и Животные. В то же время нельзя провести резкую грань между отдельными царствами только по нескольким признакам. Например, для представителей царств Грибы и Растения характерны сходные признаки. Это неподвижный образ жизни, аэробное дыхание, наличие клеточной стенки, одинаково устроенные генетический аппарат и большинство клеточных органоидов и др. В то же время у них имеется ряд существенных отличий. Например, фотосинтез у растений.

Только глубокий анализ совокупности признаков, основанный на их происхождении, закономерностях строения и жизнедеятельности, а также на тщательном изучении филогенетических связей между разными группами организмов позволяет отнести вид или более крупный таксон к тому или иному царству.

Классификацией мира живой природы занимается систематика — наука о многообразии организмов и родственных связях между ними. Основополагающие принципы систематики — бинарная номенклатура и иерархичность. В настоящее время все живые организмы разделяются на пять царств: Бактерии, Протисты, Грибы, Растения и Животные.

1. В чем заключается необходимость создания системы классификации живых организмов? **2.** Охарактеризуйте основные принципы построения систематики живых организмов. **3.** Какие основные систематические таксоны вам известны? В ответе используйте классификацию яблони домашней и аиста белого. **4.** Какие царства и надцарства выделяют в живой природе в настоящее время? На основании каких признаков? **5.** Установите общие и отличительные признаки между мухомором красным и росянкой круглолистной. Докажите, что они относятся к различным царствам. Ответ оформите в виде таблицы.

§ 37. Вирусы

Строение вирусов. ***Вирусы*** (от лат. *virus* — яд) в отличие от всех других организмов не имеют клеточного строения. Они способны жить и размножаться исключительно в клетках других организмов и за их пределами жизнедеятельности не проявляют. Таким образом, вирусы можно рассматривать как неклеточную форму жизни. Вирусы были открыты русским ученым Д. И. Ивановским в 1892 г. при изучении причин мозаичной болезни листьев табака. Поэтому первый известный вирус был назван вирусом табачной мозаики (рис. 67).

Находясь в клетке-хозяине, вирус представляет собой молекулу нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК). Исходя из этого вирусы делят на ДНК-содержащие и

Правообладатель Народная асвета

Д. И. Ивановский (1864—1920) — русский физиолог растений и микробиолог, один из основоположников вирусологии

РНК-содержащие. В свободном состоянии полностью сформированная вирусная частица, способная инфицировать клетки-хозяина, находится в форме *вириона*. Вирион, кроме нуклеиновой кислоты, имеет защитную белковую оболочку (*капсид*). У некоторых вирусов, таких как вирусы герпеса или гриппа, присутствует еще и дополнительная липопротеидная оболочка (*суперкапсид*). Суперкапсид формируется из цитоплазматической мембраны клетки-хозяина. Размеры вирусов колеблются от 20 до 500 нм. Большинство вирусов имеет кристаллическую форму (рис. 68).

Пораженное растение табака

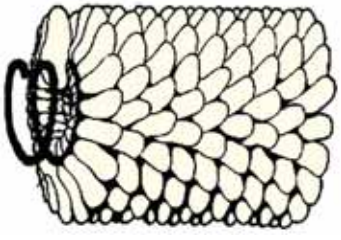
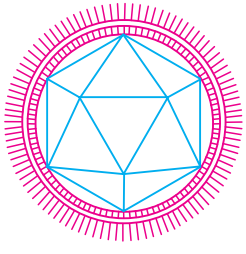
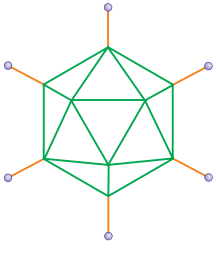


Схема строения вируса

Рис. 67. Вирус табачной мозаики



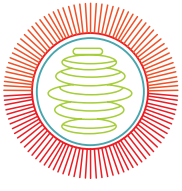
Вирус герпеса



Аденовирус

Паповавирус

Коронавирус



Вирус гриппа

Рис. 68. Вирусы

Правообладатель Народная асвета

Проникновение вирусов в клетку-хозяина. Как уже отмечалось, вирусы способны размножаться, только проникнув в клетки бактерий, растений и животных. При этом они используют биосинтетическую и энергетическую системы клетки-хозяина. Важным условием для проникновения вирусной частицы в клетку является наличие на поверхности клетки специфического белка-рецептора. Этот белок-рецептор обеспечивает присоединение вируса к клеточной мембране. В свою очередь специфические белки, входящие в состав белковой оболочки вируса (капсида), также выполняют рецепторную роль. Они распознают специфические структуры на поверхности клетки-хозяина. Если распознавание произошло успешно, вирусная частица связывается с рецепторами клетки-мишени посредством химических связей. Поэтому определенные вирусы опасны для одних организмов и абсолютно безвредны для других. Такой процесс рецепторного взаимодействия вируса с клеткой-хозяином называется *абсорбцией вируса*.

Далее происходит слияние вирусной оболочки с клеточной мембраной, и генетический материал вируса проникает внутрь клетки-хозяина. Попав в клетку, вирус теряет белковую оболочку. Генетический материал (геном) вируса, представленный ДНК либо РНК, содержит от нескольких генов у простых до трехсот генов у сложных вирусов. Гены вирусного генома способны кодировать белки с различными функциями, например структурные белки, белки-ферменты. Генетический материал вируса очень активен и после проникновения в клетку достаточно быстро встраивается в ее геном.

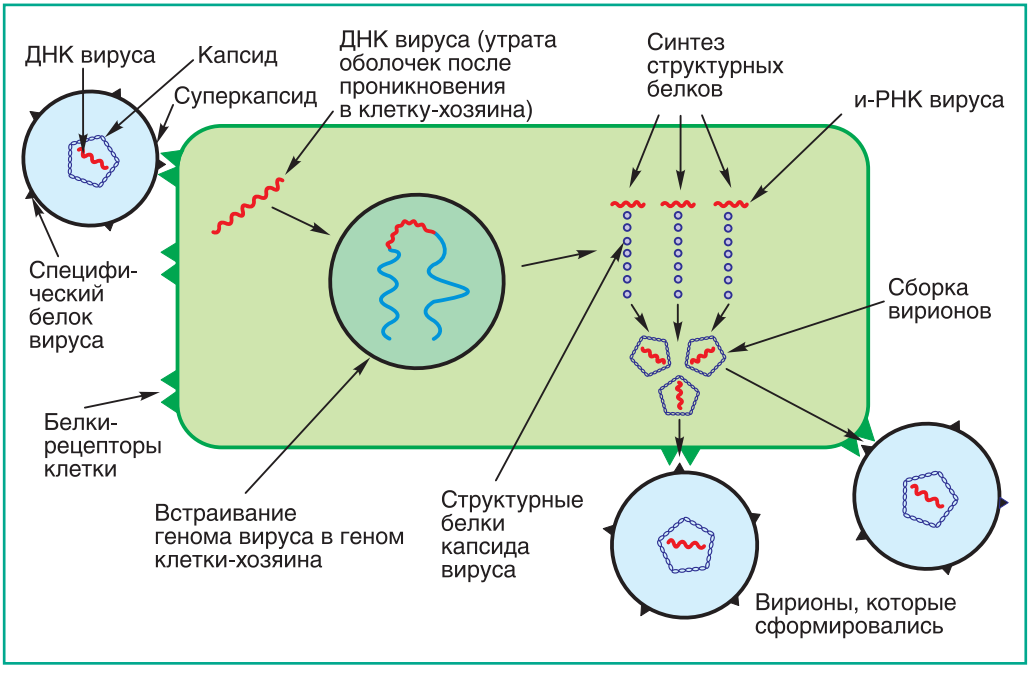
После этого вирус переходит в фазу *провируса* (латентную фазу). Фаза провируса — это состояние, когда клетка-хозяин заражена, а размножение вируса и какие-либо видимые повреждения в клетке отсутствуют. Латентная фаза длится от нескольких часов (у вируса гриппа) до нескольких лет (у вируса иммунодефицита человека). Вслед за латентной фазой следует фаза видимых проявлений заболевания. Она связана с активацией вирусного генетического материала и началом размножения вируса, что приводит к гибели клетки.

Размножение вирусов. Вирус синтезирует собственные белки и нуклеиновые кислоты за счет ресурсов зараженной клетки. У ДНК-содержащих вирусов одним из первых синтезируется фермент РНК-полимераза, которая строит на нити ДНК вируса и-РНК. Данная и-РНК попадает на рибосомы клетки-хозяина, где и протекает биосинтез других белков вирусной частицы.

На следующем этапе в цитоплазме клетки-хозяина происходит объединение вновь синтезированных белков и нуклеиновой кислоты вируса. При этом образуются новые вирусные частицы — *вирионы*. Они разрывают цитоплазматическую мембрану, попадают в межклеточное пространство или кровь и заражают другие клетки (рис. 69).

Многие РНК-содержащие вирусы синтезируют фермент полимеразу, участвующую в синтезе новых частиц вирусной РНК. Эта РНК переходит на ри-

Правообладатель Народная асвета



69. Схема размножения вируса герпеса

босомы и контролирует синтез белков вирусной оболочки — капсида. Как видно, таким вирусам для размножения и передачи генетической информации ДНК не требуется.

Проникая в клетки живых организмов, вирусы являются причиной ряда опасных заболеваний растений, животных и человека. Поражая сельскохозяйственные растения, вирусы существенно снижают их урожай и ухудшают его качество. Примерами вирусных заболеваний растений являются мозаичная болезнь табака, желтуха картофеля, проявляющаяся в скручивании листьев и карликовости растений. Среди опасных вирусных заболеваний животных и человека можно отметить ветряную оспу, полиомиелит, бешенство, вирусный гепатит, грипп, СПИД.

Многие вирусы, к которым чувствителен человек, не поражают животных и наоборот. Например, некоторые животные могут быть переносчиками вирусов человека и при этом сами не болеют. Так, птицы переносят различные формы вируса гриппа, к которым чувствителен человек.

Вироиды. Бактериофаги. Вирулентные и умеренные фаги. ***Вироиды*** (от лат. *virus* — яд, от греч. *éidos* — форма, вид) — инфекционные агенты, представляющие собой низкомолекулярную кольцевую одноцепочечную молекулу

Правообладатель Народная асвета

РНК, не кодирующую собственные белки. Главным отличием вироидов от вирусов является отсутствие у них капсида. Вироиды, как и вирусы, способны вызывать заболевания животных и растений. Они являются мельчайшими из известных возбудителей заболеваний. Одноцепочечные молекулы РНК вироидов намного меньше вирусных геномов. РНК вироидов состоит в среднем из 300 нуклеотидов. Для сравнения: геном самого малого из известных вирусов насчитывает около 2000 нуклеотидов. На сегодняшний день наиболее изучены вироиды растений (вызывают деформацию клубней, карликовость и др.).

Бактериофаги, или ***фаги***, — группа вирусов, которые поражают бактериальные клетки. Фаговая частица (вирион) состоит из головки и хвоста (отростка). Внутреннюю часть головки фага составляет ДНК или РНК, которая представляет собой плотно скрученную нить (рис. 70). Нуклеиновая кислота окружена белковой оболочкой (капсид), которая защищает геном бактериофага вне клетки. Хвост представляет собой белковую трубку, которая является продолжением белковой оболочки головки фага. Белки, входящие в состав оболочки хвоста, обладают сократительными свойствами. В нижней части хвоста располагается базальная пластинка с выступами различной формы. От нее отходят тонкие длинные нити, которые предназначены для прикрепления фага к бактерии. При контакте ферменты, локализующиеся на конце хвоста, локально растворяют стенку бактериальной клетки. Далее хвост сокращается, и через него содержащаяся в головке фага нуклеиновая кислота проникает в клетку бактерии. При этом белковая оболочка фага остается снаружи. Бактериофаги обладают специфическими

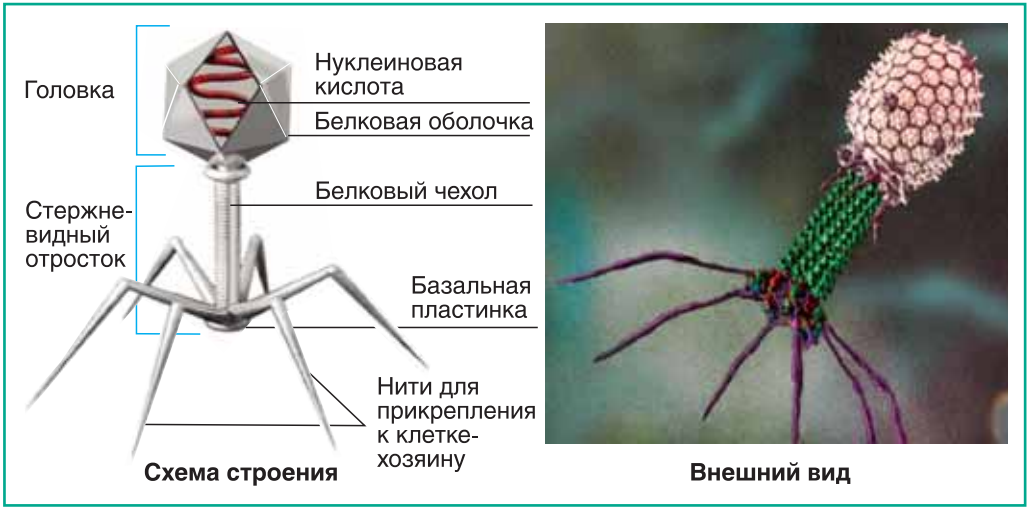


Рис. 70. Бактериофаг кишечной палочки

Правообладатель Народная асвета

антигенными свойствами, отличными от антигенов поражаемой бактериальной клетки и других фагов.

Вирулентные фаги — бактериофаги, которые в результате жизненного цикла образуют в зараженных клетках бактерий новые фаговые частицы, приводящие бактерии к гибели (рис. 71).

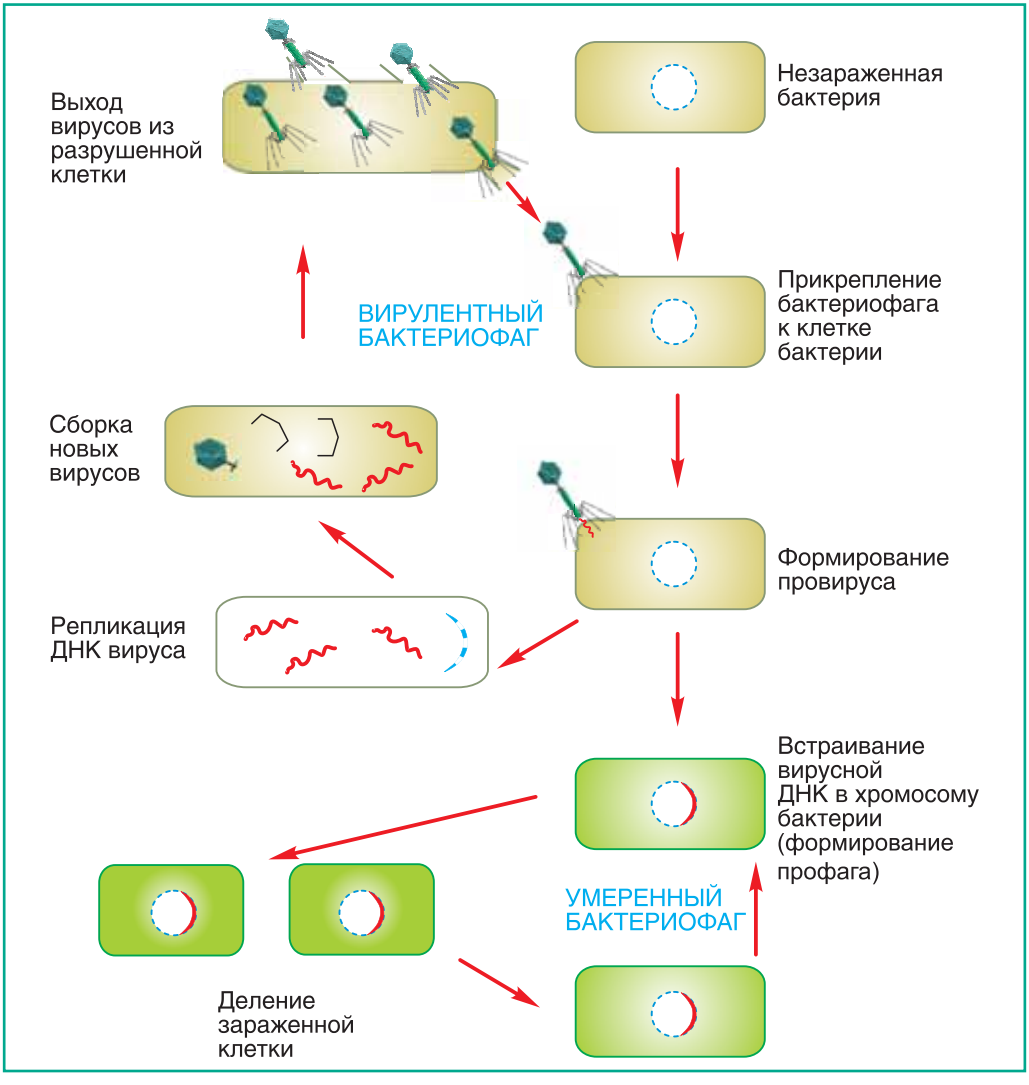


Рис. 71. Жизненные циклы вирулентного и умеренного бактериофагов

Правообладатель Народная асвета

Умеренные фаги — бактериофаги, которые после проникновения в бактериальную клетку не приводят к ее гибели. При этом их нуклеиновая кислота встраивается в генетический материал клетки-хозяина, образуя с ним единую молекулу. Такая форма фага называется профагом (см. рис. 71). Далее при размножении бактерии профаг реплицируется совместно с ее геномом. При этом разрушения бактериальной клетки не происходит, а наследственный материал вируса передается от бактерии к бактерии неограниченное число поколений.

В настоящее время одним из самых опасных вирусных заболеваний человека является СПИД (синдром приобретенного иммунодефицита). Вирус поражает преимущественно иммунную систему. В результате этого человек становится беззащитным перед микроорганизмами, которые в обычных условиях для него не патогенны. Это приводит к быстро прогрессирующему развитию инфекционных заболеваний, злокачественных новообразований и гибели. Основными путями заражения вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ) и распространения болезни являются беспорядочные половые связи и использование наркоманами нестерильных медицинских инструментов.

Наряду с многоклеточными и одноклеточными организмами в природе есть и неклеточные формы жизни — вирусы. Вирусы состоят из генетического материала (ДНК или РНК), который окружен защитной белковой оболочкой — капсидом. Вирусы способны размножаться только в клетках других организмов. Бактериофаги — группа вирусов, которые поражают бактериальные клетки. По типу жизненного цикла бактериофаги разделяют на вирулентные и умеренные. Вирусы являются причиной ряда опасных заболеваний растений, животных и человека.

1. Объясните, почему вирусы относятся к неклеточным формам жизни. **2.** Какова последовательность проникновения и размножения вирусов в клетке-хозяине? **3.** Опишите особенности строения и жизненного цикла бактериофагов. **4.** Укажите, какие из перечисленных заболеваний человека вызываются вирусами: гепатит, холера, туберкулез, герпес, СПИД, дизентерия, бешенство, дифтерия. **5.** Подумайте и ответьте, почему очень тяжело бороться с вирусами, проникшими внутрь клетки. **6.** Обоснуйте, что является основой для того, чтобы считать вирусы живыми организмами. Не противоречит ли существование вирусов клеточной теории, которая гласит, что клетка — элементарная структурная и функциональная единица жизни?

Правообладатель Народная асвета

Глава 5

Происхождение и эволюция человека

Проблемы эволюции человека стали изучаться в XVIII в. Ветви филогенетического древа эволюции отряда Приматы, ведущие к человеку и шимпанзе, по данным молекулярной биологии, разделились примерно 5,5 млн лет назад. В этой главе вы изучите этапы антропогенеза, которые вычленили человека из животного мира, познакомитесь с представителями рода Homo. А также узнаете об особенностях эволюции человека в современном мире.

§ 38. Формирование представлений об эволюции человека. Место человека в зоологической системе

Формирование представлений об эволюции человека. Человека издавна волновал вопрос о его происхождении. Из глубокой древности дошли сведения о том, что племена людей считали себя потомками разных животных: медведя, сокола, рыбы и др. Философы Древней Греции еще до нашей эры высказывали мысли о том, что человек имеет природное происхождение.

Например, философ Анаксимандр писал о происхождении людей из ила, в котором вначале зародились рыбоподобные существа, позже покинувшие водную среду и давшие начало человеку. Примерно в это же время появились первые упоминания о сходстве человека с обезьяной.

На протяжении почти полутора тысяч лет от начала нашей эры господствовали религиозные взгляды на происхождение человека. В XVII—XVIII вв. на основании накопленных знаний о разнообразии живых организмов естествоиспытатели стали все больше убеждаться в сходстве человека и животных. К. Линней, признававший божественное происхождение человека, отмечал поразительное сходство человека и обезьян. По этой причине в своей классификации живой природы он расположил человека в группе приматов вместе с обезьянами.

Несколько позже Ж. Б. Ламарк выдвинул гипотезу о происхождении человека от обезьяноподобных предков. Он считал, что шагом к эволюции человека был переход обезьян от лазанья по деревьям к прямохождению.

Дарвин в 1871 г. опубликовал работу «Происхождение человека и половой отбор», где доказывал родство человека с человекообразными обезьянами. Он основывался на данных сравнительной анатомии, эмбриологии, палеонтологии.

Правообладатель Народная асвета

Рис. 72. Рудименты

В то же время ученый считал, что ни одна из ныне живущих обезьян не может являться прямым предком человека.

Сходство человека с животными заключается в единой схеме строения. Для человека и животных характерны одни и те же органы и системы органов (кровеносная, дыхательная, выделительная, пищеварительная, нервная, половая и др.). Кроме того, сходство человека с животными подтверждается наличием рудиментов и атавизмов. У человека насчитывают более 90 *рудиментарных органов* (рис. 72). Это копчик, аппендикс, зубы мудрости, третье веко. Наиболее характерными из *атавизмов* считают сильно развитый у некоторых людей волосяной покров на теле (рис. 73), дополнительные соски, хвост. Все эти признаки хорошо выражены у животных, но иногда встречаются и у современных людей.

Рис. 73. Атавизм — чрезмерное развитие волосяного покрова

Наличие в строении трехнедельного зародыша человека хорды, сменяющейся в процессе эмбрионального развития позвоночником, позволяет причислить его к типу *Хордовые* и подтипу *Позвоночные*. Сходство человека и позвоночных животных наблюдается и в дальнейшем развитии зародышей. На стадии 4—5 недель эмбрионального развития у зародыша человека имеется хвостовой

Правообладатель Народная асвета

отдел позвоночника. В это же время формируются жаберные дуги, зачатки верхних и нижних конечностей. Мозг месячного плода человека похож на мозг рыбы, а семимесячного зародыша напоминает мозг обезьяны. На пятом месяце эмбриогенеза у плода человека есть волосяной покров, который впоследствии исчезает.

Человек относится к классу *Млекопитающие*. У него имеется диафрагма, молочные железы, дифференцированные зубы (резцы, клыки и коренные), ушные раковины и др. Человек, как и другие млекопитающие, вскармливает своих детенышей молоком. Питание зародыша человека внутри материнского организма через плаценту указывает на принадлежность человека к подклассу *Плацентарные*.

Сходство человека с отрядом *Приматы* обусловлено наличием хорошо развитой пятипалой передней конечности. Для человека, как и для всех приматов, характерно также наличие ключицы и полное разделение лучевой и локтевой костей. Это дает возможность вращения и разнообразия движений передними конечностями. Большой палец подвижен и противопоставлен остальным. Имеются ногти.

Сходные особенности поведения человека и высших человекообразных обезьян позволяют отнести его к семейству *Гоминиды*. Для них характерны одни и те же безусловные рефлексы и сходство в формировании условных рефлексов. Как у человека, так и у человекообразных обезьян можно встретить сходные эмоции: гнев, радость, а также высокую степень заботы о потомстве. У человека, как и у шимпанзе, четыре аналогичные группы крови, срок беременности составляет приблизительно 9 месяцев. Для людей и человекообразных обезьян характерны болезни, которым не подвержены другие млекопитающие: грипп, туберкулез, холера и др. Наконец, генетический материал человека и шимпанзе более чем на 90 % сходен.

Место человека в зоологической системе. Место человека в зоологической системе можно проиллюстрировать следующей таблицей.

Таблица 8. **Систематические признаки, определяющие место человека в зоологической системе**

Таксон	Признак
Надцарство Эукариоты (Ядерные) *Eucaryota*	Клетки содержат ядро
Царство Животные *Animalia*	Гетеротрофный тип питания, подвижный образ жизни
Тип Хордовые *Chordata*	Наличие у зародыша хорды, полой нервной трубки на спинной стороне тела, пищеварительной трубки на брюшной стороне тела, жаберных щелей, двусторонней симметрии тела, расположение сердца на брюшной стороне тела
Подтип Позвоночные *Vertebrata*	Наличие позвоночного столба, черепа, головного и спинного мозга, двух пар конечностей

Правообладатель Народная асвета

Продолжение табл.

Таксон	Признак
Класс Млекопитающие *Mammalia*	Внутриутробное развитие, вскармливание детенышей молоком, наличие диафрагмы, молочных, сальных и потовых желез, дифференциация зубов на клыки, резцы и коренные, три слуховые косточки в среднем ухе, ушная раковина, волосяной покров, четырехкамерное сердце, одна (левая) дуга аорты
Подкласс Плацентарные *Placentalia*	Питание зародыша через плаценту
Отряд Приматы *Primates*	Верхние конечности хватательного типа, противопоставление большого пальца остальным, папиллярные узоры на кончиках пальцев, ладонях и стопах, наличие ногтей, одна пара молочных желез, смена молочных зубов
Надсемейство Человекообразные *Hominoidea*	Плоские ногти, по два резца в каждой половине челюсти, наличие характерного узора на жевательной поверхности зубов, редукция хвоста, четыре группы крови, поредение волосяного покрова тела, схожие болезни и паразиты, хорошо развитый головной мозг, проявление эмоций
Семейство Гоминиды — *Hominidae* Род Человек — *Homo* Вид Человек разумный — *Homo sapiens* L.	

На протяжении полутора тысяч лет нашей эры господствовали преимущественно религиозные взгляды на происхождение человека. Ведущая роль в доказательстве происхождения человека от животных принадлежит Ч. Дарвину. К числу факторов, доказывающих родство человека и животных, относят сходство в строении тела, сходное развитие зародышей на ранних этапах эмбрионального развития, а также наличие у человека рудиментов и атавизмов.

1. Охарактеризуйте взгляды ученых разных эпох на происхождение человека. **2.** В чем проявляется сходство человека с животными? **3.** Укажите место человека в современной зоологической системе. **4.** Какие из перечисленных ниже признаков позволяют отнести человека к типу Хордовые: череп, головной и спинной мозг, жаберные дуги, двусторонняя симметрия тела, две пары конечностей, полая нервная трубка? **5.** Установите соответствие между систематическими таксонами и признаками человека, позволяющими отнести его к этим таксонам. *Таксоны:* Класс Млекопитающие и отряд Приматы. *Признаки:* а) наличие диафрагмы; б) одна пара молочных желез; в) три слуховые косточки в среднем ухе; г) ушная

Правообладатель Народная асвета

раковина; д) наличие ногтей; е) волосяной покров тела; ж) смена молочных зубов; з) четырехкамерное сердце. **6**. Во многих первобытных племенах бытовало мнение, что люди произошли от рыбоподобных существ и от растений. Обоснуйте несостоятельность данного утверждения. Подкрепите ответ таблицей, отразив в ней систематические признаки, определяющие место человека в современной систематике.

§ 39. Предшественники человека. Древние и ископаемые люди современного типа

Этапы эволюции человекообразных приматов. Австралопитеки. Сегодня считается, что первыми предками современных приматов были насекомоядные млекопитающие, населяющие тропики. Они жили около 65 млн лет назад. Эти животные по строению черепа и скелета напоминали ныне живущих в тропиках млекопитающих тупайев. Формула их зубов была такой же, как у современных лемуров. Первые высшие приматы появились на Земле около 40 млн лет назад. Несколько позднее от них обособились две основные ветви дальнейшей эволюции человека. Первая шла в направлении эволюции современных широконосых обезьян, вторая — к другим приматам и человеку (группа узконосых обезьян). Считается, что общим предком современных человекообразных обезьян и человека были древесные человекообразные обезьяны — *дриопитеки* (рис. 74).

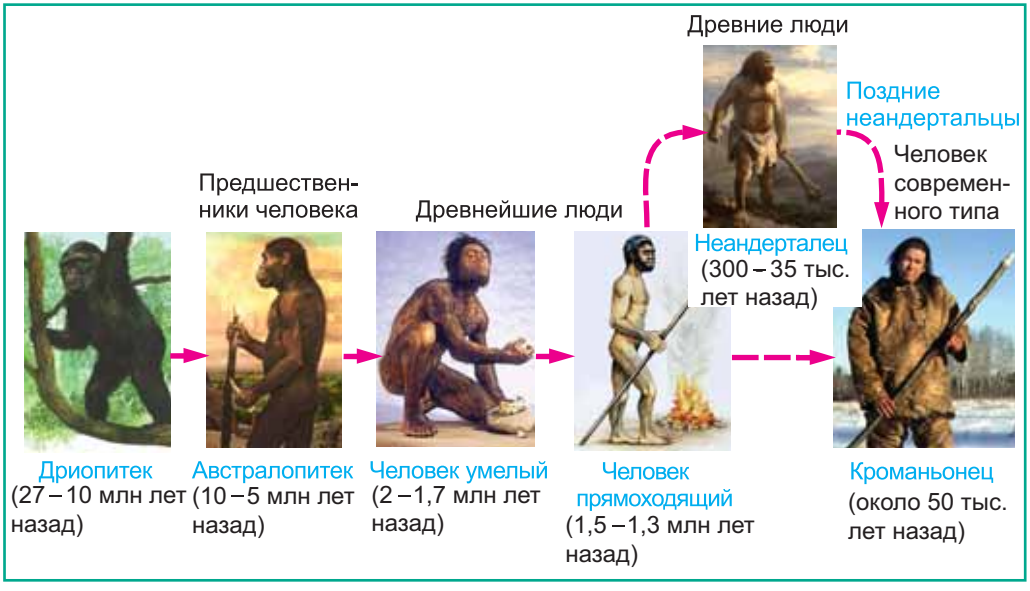


Рис. 74. Этапы эволюции человека

Правообладатель Народная асвета

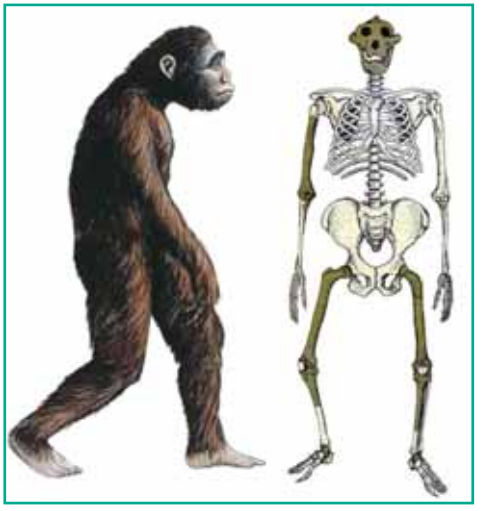


Рис. 75. Австралопитек и его скелет

По-видимому, именно дриопитеки положили начало эволюции человека, и в частности его предшественникам — *австралопитекам* (рис. 75).

Дриопитеки получили такое название, поскольку большую часть жизни проводили на деревьях. Однако изменение климата, приведшее к сокращению лесов, сказалось на жизни этих животных. Дриопитеки приспособились к новому образу жизни на открытых участках территории. Ближе других к людям стоит так называемый дарвиновский дриопитек, останки которого были обнаружены в Европе.

Первые ископаемые останки австралопитеков были найдены в 1924 г. на юге Африки. Они получили систематическое название по месту находки — австралопитек африканский. Результаты раскопок на территории Африки за последние 50 лет свидетельствуют, что австралопитеки жили более 5 млн лет назад.

Исследование найденных частей скелета австралопитеков показало, что они сочетали в себе признаки человека и обезьян. Изучение строения коренных зубов австралопитеков указывало на питание растительной пищей. В то же время строение клыков и резцов подтверждало использование пищи животного происхождения. Головной мозг австралопитеков имел объем около 650 $см^3$. Это практически не отличало его от мозга современных человекообразных обезьян. Рост был в пределах 100—150 см, а масса тела составляла примерно 30—60 кг.

Австралопитеки сделали два важных шага от животных к человеку. Первым из них стало прямохождение, о чем говорит строение их тазовых костей. Стоит заметить, что хождение на двух ногах изначально принесло человеку массу неудобств. Уменьшилась скорость перемещения, более тяжело, в отличие от четвероногих животных, стали проходить роды. С другой стороны, оказались несомненны преимущества такого передвижения. Например, освободились передние конечности — руки. Австралопитеки смогли держать в руках камни или палки, но самостоятельно орудия труда они еще не изготавливали. Вторым шагом стало поредение волосяного покрова. В условиях жаркого и сухого климата он был помехой, затруднявшей охлаждение организма.

Австралопитеки, по мнению ученых, считаются тупиковой ветвью эволюции человека. Они полностью вымерли около 1 млн лет назад. Наиболее вероятной причиной вымирания было преобладание в их рационе растительной пищи. Растительноядность не стимулировала из-

Правообладатель Народная асвета

готовление орудий труда и дальнейшее развитие и увеличение объема головного мозга. По-видимому, непосредственными предками людей явились наиболее поздние из существовавших представителей австралопитеков. Именно те, которые в наибольшей степени преуспели в изготовлении и применении первых орудий труда.

Древнейшие люди. Человек умелый. Человек прямоходящий. В эволюции собственно человека (*Homo*) различают три основных этапа (табл. 9).

Таблица 9. **Этапы эволюции рода *Homo* — Человек**

Название группы людей	Время возникновения	Представители рода *Homo*
Древнейшие люди (архантропы)	Около 2 млн лет назад Около 1,5—1,3 млн лет назад	Человек умелый *Homo habilis* Человек прямоходящий *Homo erectus*
Древние люди (палеоантропы) — неандертальцы	300—35 тыс. лет назад	Первые представители вида Человек разумный — *Homo sapiens*
Люди современного типа (неоантропы) — кроманьонцы	Около 50 тыс. лет назад	Вид Человек разумный — *Homo sapiens*

Первыми представителями рода Человек ученые считают представителя архантропов Человека умелого (см. рис. 74). Находка останков скелета первого *Homo habilis* на склоне африканского кратера Нгоронгоро принадлежит Луису Лики и датируется 1959 г. Рядом с останками *Homo habilis* были обнаружены самые древние орудия труда, сделанные руками человека (рис. 76).

Первые орудия труда были очень примитивными. Они представляли собой лишь слегка заостренную и расколотую под определенным углом гальку. Орудия из гальки постепенно заменялись ручными рубилами (камни, обтесанные с двух сторон), позже — наконечниками и скребками.

Появление орудий труда позволило активно вводить в рацион животную пищу. Изготовление более совершенных

Рис. 76. Человек умелый и его орудия труда

Правообладатель Народная асвета

орудий труда способствовало увеличению объема головного мозга. У *Homo habilis* он был больше, чем у австралопитеков, и достигал 680 см^3. Искривление нижней челюсти в виде зачаточного подбородочного выступа говорит о возможном наличии зачатков речи. Череп Человека умелого был легче, чем у австралопитеков. Использование огня при приготовлении пищи не требовало развития мощных лицевых мышц для ее пережевывания. Более слабым мышцам для прикрепления к черепу уже не нужны были столь мощные кости. Человек умелый полностью приспособился к прямохождению. У него, как и у современных людей, большой палец стопы не был отведен в сторону.

Следующим этапом эволюции древнейших людей считают Человека прямоходящего. Его останки впервые были обнаружены Э. Дюбуа в 1891 г. на острове Ява. Объем мозга у Человека прямоходящего увеличился до 1000 см^3. *Homo erectus* активно изготавливал достаточно совершенные орудия труда, занимался охотой и владел зачатками речи. В связи с прямохождением у этого вида человека прогрессивно изменился скелет. Стопа приобрела небольшой свод, бедренная кость сместилась к центру таза, в позвоночнике образовался небольшой изгиб. Жили *Homo erectus* преимущественно стадами. Для приготовления пищи использовали огонь. Однако низкий лоб, развитые надбровные дуги, полусогнутое тело с обильным волосяным покровом сближали их с обезьяноподобными предками. Поэтому Человека прямоходящего часто называют обезьяночеловеком.

Древнейшие люди широко расселились по территории Африки, Азии и юга Европы и эволюционировали одновременно в нескольких направлениях.

Древние и ископаемые люди современного типа. На этом этапе ведущую роль в эволюции человека начинают играть социальные факторы: трудовая деятельность в группах, совместная борьба за выживание, развитие интеллекта. К первым древним людям, которые были промежуточным звеном между древнейшими людьми и ископаемыми предками современного человека, относят *неандертальцев*. Свое название они получили по месту их первой ископаемой находки в 1856 г. в долине р. Неандер в Германии. Неандертальцы добывали пищу путем собирательства и охоты. Жили группами численностью до 100 человек (рис. 77). В качестве жилища использовали пещеры, в которых постоянно поддерживали огонь. Одеждой им служили шкуры убитых на охоте животных. Неандертальцы хорошо

Рис. 77. Стоянка неандертальцев

Правообладатель Народная асвета

владели членораздельной речью. Они широко использовали орудия труда: разнообразные шила из костей, каменные остроконечники копий и скребки. У неандертальцев начали зарождаться элементы культуры. Например, черепа убитых животных, которые, по их мнению, были наделены магическими свойствами, служили талисманами на охоте. Кроме того, у неандертальцев появились элементы погребальной культуры. Об этом факте свидетельствует погребение усопших в позе спящего человека.

Неандертальцы представляли собой неоднородную группу людей. По времени существования и морфологическим признакам их делят на *ранних* (возникли около 300 тыс. лет назад) и *поздних* неандертальцев. Ученые считают, что ранние неандертальцы были тупиковой ветвью на пути эволюции современного человека. Поздние неандертальцы появились около 70 тыс. лет назад и жили среди людей современного типа. Однако впоследствии были полностью вытеснены ими. Поздние неандертальцы приспособились к жизни небольшими семейными группами. В отличие от ранних они имели хорошо развитый скелет и мускулатуру при относительно небольшом росте (около 160 см). Объем головного мозга у неандертальцев составлял приблизительно 1300 $см^3$. Все это давало им преимущество в борьбе за существование.

Однако предположение, что начало людям современного типа (неоантропам) дали поздние неандертальцы, в настоящее время является спорным.

Представители неоантропов — *кроманьонцы* были названы так согласно находке нескольких скелетов этих людей во французском гроте Кроманьон. Кроманьонцы обладали всем комплексом физических особенностей, который характерен для современного человека. Прогрессивные черты в строении их головного мозга были связаны со значительным развитием лобных долей. Данный факт указывает на хорошо развитую у этих людей членораздельную речь. Другим признаком, свидетельствующим о качественном владении речью, является выраженный подбородочный выступ.

Кроманьонцы активно строили жилища, изготавливали специализированные орудия труда, шили одежду. Для мест их стоянок характерны зачатки искусства в виде различных статуэток и наскальных рисунков (рис. 78). Кроманьонцы первыми

Рис. 78. Наскальные рисунки кроманьонцев

Правообладатель Народная асвета

приручили животных, что явилось шагом к общественной жизни людей и развитию родовой общины.

В эволюции кроманьонцев наибольшее значение приобрели социальные факторы. Значительно возросла роль воспитания и передачи опыта от старших поколений к младшим.

Общим предком современных человекообразных обезьян и человека были дриопитеки. От них произошли предшественники человека — австралопитеки. Первым представителем рода Человек является Человек умелый. Следующим шагом на пути эволюции был Человек прямоходящий. Предполагается, что промежуточным звеном между древнейшими людьми и ископаемыми предками Человека разумного являются неандертальцы. Возникновение людей современного типа (неоантропов) произошло около 50 тыс. лет назад. Их представители — кроманьонцы — обладали всем комплексом физических особенностей, характерных для современного человека.

1. Кого ученые считают первым ископаемым предком современных приматов? **2.** Сравните особенности строения и жизни Человека умелого и Человека прямоходящего. На каком основании их относят к первым представителям рода Человек? **3.** Охарактеризуйте особенности образа жизни неандертальцев. **4.** Какие, на ваш взгляд, черты кроманьонцев позволяют отнести их к людям современного типа? **5.** Предположим, что на территории Греции были обнаружены черепа, изучение которых показало, что объем черепной коробки составлял 1300 $см^3$, а возраст — 70 тыс. лет. Кроме того, там же были обнаружены шилья из костей и разнообразные каменные скребки. Как вы думаете, кому могли принадлежать эти останки и орудия труда? Ответ обоснуйте.

§ 40. Роль биологических и социальных факторов в эволюции человека

Предпосылки антропогенеза. Биологические и социальные факторы. Как вы думаете, применимы ли принципы, объясняющие происхождение и эволюцию видов животных, для объяснения происхождения и эволюции человека? С позиции синтетической теории биологические факторы эволюции органического мира — мутационный процесс, волны жизни, дрейф генов, изоляция, борьба за существование и естественный отбор — применимы и к эволюции человека. Похолодание климата и вытеснение лесов степями обусловило переход предков человекообразных обезьян к наземному образу жизни. Этот факт стал первым шагом на их пути к прямохождению.

Правообладатель Народная асвета

Недостатки в скорости передвижения при прямохождении восполнялись тем, что освободились передние конечности. В то же время вертикальное положение тела позволяло получать больший объем информации. Например, предки человека могли более своевременно реагировать на приближение хищников. Руки стали использоваться для изготовления и применения различных орудий. Поскольку перечисленные приспособления были направлены на повышение выживаемости, именно по этому пути осуществлялось дальнейшее действие естественного отбора. Следовательно, биологические факторы антропогенеза способствовали формированию морфофизиологических особенностей человека (прямохождение, увеличение объема головного мозга, развитая кисть руки).

Роль *социальных факторов* в антропогенезе раскрыл Ф. Энгельс в работе «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека» (1896). Социальные факторы эволюции логично выстроить в следующую последовательность: *совместный образ жизни → мышление → речь → труд → общественный образ жизни*. Предки человека стали объединяться в группы для совместного проживания, освоили изготовление орудий труда. Именно изготовление орудий труда является четким рубежом между обезьяноподобными предками и человеком. В борьбе за существование преимущество стали получать группы особей, которые сообща могли противостоять неблагоприятным условиям окружающей среды. Таким образом, социальные факторы антропогенеза были направлены на совершенствование отношений между людьми в пределах группы.

Роль труда в формировании человека. Эволюция руки после освобождения от функции опоры шла в направлении ее совершенствования для трудовой деятельности. Данный факт нашел отражение в изготовлении различных орудий труда. Это отмечено при изучении ископаемых останков Человека умелого (*Homo habilis*).

Строение костей кисти *Homo habilis* указывает на хорошо развитую хватательную способность верхней конечности. Ногтевые фаланги стали короткими и плоскими, что еще раз подчеркивает активное использование кисти. Расширенные фаланги пальцев являются свидетельством выполнения тяжелой физической работы. Кроме того, рука стала ведущим органом человека в осуществлении контактов на расстоянии при помощи различных предметов.

Использование изготовленных орудий охоты существенно повысило эффективность этого процесса. Человек наряду с растительной пищей стал широко включать в рацион и более калорийную пищу животного происхождения. Приготовление пищи на огне уменьшило нагрузку на жевательный аппарат и пищеварительную систему. В результате стал легче скелет головы, укоротился кишечник.

С развитием трудовой деятельности происходило дальнейшее объединение людей для совместной жизни. Это расширяло представления человека об окру-

Правообладатель Народная асвета

жающем мире. Новые представления обобщались в виде понятий, что способствовало развитию мышления и формированию членораздельной речи. С совершенствованием речи шло развитие головного мозга. Именно в перечисленных направлениях реализовывалось действие движущей формы естественного отбора. Как результат, у древних людей за очень короткий срок значительно увеличился объем головного мозга.

Общественный образ жизни как фактор эволюции человека. При переходе к наземному образу жизни предки человека столкнулись с рядом трудностей в борьбе за существование. Это и освоение новых мест обитания, и постоянная опасность, связанная с хищниками в условиях открытых пространств. Для успешного выживания предки человека объединялись в группы, а труд способствовал сплочению их членов. Древние люди коллективно защищались от хищников, охотились и занимались воспитанием детей. Старшие члены обучали младших отыскивать природные материалы и изготавливать орудия труда, учили охотиться и поддерживать огонь. Использование огня, помимо приготовления пищи, помогало защищаться от непогоды и хищников.

Общественная жизнь давала неограниченные возможности общения с помощью звуков и жестов. Постепенно неразвитая гортань и ротовой аппарат обезьяноподобных предков превратились в органы членораздельной речи человека. Этому способствовали наследственная изменчивость и естественный отбор.

Ведущая роль социальных факторов в истории развития человека. На этапе эволюции древнейших людей ведущая роль принадлежала биологическим факторам — борьбе за существование и естественному отбору. Отбор был направлен на выживание отдельных популяций людей. Выживали наиболее приспособленные к неблагоприятным условиям и более умелые в изготовлении орудий труда. По мере объединения людей в группы ведущую роль в антропогенезе стали играть социальные факторы. Преимущество в борьбе за существование не обязательно получали самые сильные. Постепенно объектом отбора стали стадность и связанные с ней формы общения. Выживали те, кто максимально сохранял детей — будущее популяции и стариков — носителей жизненного опыта.

Посредством труда и слова человек стал постепенно овладевать культурой производства орудий труда, устройства жилищ. Обучение и воспитание, а также передача опыта явились важной предпосылкой зарождения элементов человеческой культуры. Вначале они проявлялись в виде наскальных рисунков, статуэток, погребальных обрядов. Совершенствование коллективного образа жизни, распределение обязанностей между членами группы снижали роль биологических факторов в эволюции человека.

Качественные отличия человека. Говоря о качественных отличиях, попытаемся подытожить рассмотренные ранее предпосылки антропогенеза. Человека

Правообладатель Народная асвета

умелого, первого настоящего представителя рода *Homo*, отличает от представителей животного мира именно способность изготавливать орудия труда.

Здесь важно именно изготовление, а не простое использование палки или камня обезьяноподобными предками для удовлетворения потребностей в защите или пище. Животные также могут применять подручные средства для добывания корма. Обезьяны, например, палками и камнями сбивают бананы и кокосы с пальм. Морские выдры пользуются камнями для раскалывания раковин моллюсков. Некоторые виды галапагосских вьюрков применяют колючки кактусов, чтобы доставать насекомых из-под коры деревьев.

Все способы использования предметов в жизнедеятельности животных носят случайный характер или обусловлены инстинктами. Поэтому главным качественным отличием человека является, безусловно, осознанный труд. Именно труд представляет собой границу, разделившую человека и его далеких предков.

Человек имеет такой же план строения организма, как и все млекопитающие. В то же время в строении тела человека есть ряд отличий, связанных с прямохождением, трудовой деятельностью и развитием речи.

В связи с ***прямохождением*** изменилось положение тела и произошел перенос центра тяжести на нижние конечности. Это обусловило изменение формы позвоночника с дугообразной на S-образную. Такая форма придала позвоночнику дополнительную гибкость при передвижении. Укорочение позвоночного столба обеспечивает устойчивое положение тела на нижних конечностях, которые у человека, в отличие от обезьяноподобных предков, длиннее верхних.

Другими прогрессивными элементами, связанными с хождением на двух ногах, стали: сводчатая, пружинящая стопа, расширенный таз, а также более короткая и широкая грудная клетка. Затылочное отверстие у человека перемещается к центру основания черепа, что позволяет сбалансировать череп на шейных позвонках.

В связи с ***трудовой деятельностью*** рука человека имеет небольшие размеры, отличается тонкостью и подвижностью. Это дает ей возможность совершать разнообразные движения. Отведение в сторону большого пальца и его противопоставление остальным (рис. 79) позволяет человеку не просто брать предмет, но и удобно обхватывать его.

Рис. 79. Руки человека и человекообразной обезьяны

Правообладатель Народная асвета

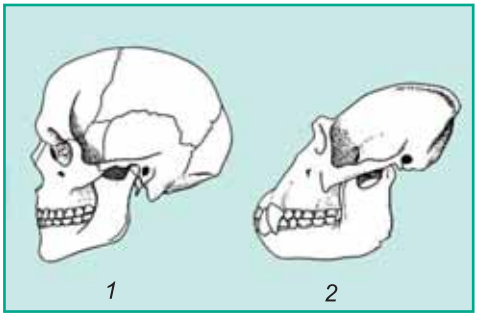


Рис. 80. Черепа человека (*1*) и шимпанзе (*2*)

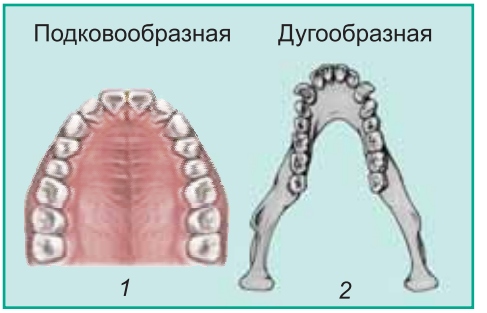


Рис. 81. Формы нижней челюсти человека (*1*) и человекообразной обезьяны (*2*)

Увеличение объема головного мозга привело к увеличению размеров мозгового отдела черепа в среднем до 1500 см^3. По объему он превосходит лицевой отдел в 4 раза, хотя у обезьян это соотношение составляет 1 : 1 (рис. 80).

С ***развитием речи*** нижняя челюсть человека приобрела вид подковы с выступающим подбородком (рис. 81). Еще одной отличительной чертой стало наличие второй сигнальной системы. Слово и связанное с ним мышление позволяют человеку рассуждать логически и обобщать накопленные факты. На этом основана передача опыта, культуры, традиций, знаний на протяжении многих поколений. Знания и опыт, накопленные человеком в течение жизни, становятся достоянием всего общества. Это стало возможным благодаря развитию речи, а впоследствии — письменности.

Такие качества человека, как трудолюбие, пластичность мышления, культура речи, развиваются на основе образования и воспитания в обществе. Вне человеческого общества формирование гармонично развитой личности невозможно.

В основе эволюции человека лежат биологические (мутационный процесс, волны жизни, дрейф генов, изоляция, борьба за существование, естественный отбор) и социальные (труд, мышление, речь, общественная жизнь) факторы эволюции. Труд способствовал объединению предков человека в группы. Развитие речи, совершенствование коллективного образа жизни, распределение обязанностей между членами группы — все это усиливало роль социальных факторов антропогенеза. Слово и связанное с ним мышление позволили человеку рассуждать логически и обобщать накопленные факты. Отличительной чертой человека является наличие второй сигнальной системы.

Правообладатель Народная асвета

1. Раскройте роль биологических факторов в эволюции человека. **2.** Охарактеризуйте социальные факторы эволюции. Докажите, что на современном этапе эволюции человека ведущая роль принадлежит социальным факторам. **3.** Какова роль труда в эволюции человека? **4.** Укажите качественные отличия человека, выделяющие его из мира животных. **5.** В декабре 2004 года на Таиланд обрушился страшной силы ураган с цунами. В результате погибли более 300 тыс. человек. Какой, на ваш взгляд, фактор антропогенеза может реализовать себя в месте данного природного катаклизма? Ответ обоснуйте.

§ 41. Человеческие расы. Эволюция человека на современном этапе

Человеческие расы, их происхождение и единство. Все люди, живущие на планете Земля, в настоящее время принадлежат к одному виду — *Человек разумный*. Внутри данного вида ученые выделяют человеческие расы.

Человеческая раса — исторически сложившаяся группа людей с общими наследственными морфологическими особенностями.

К таким особенностям относятся: тип и цвет волос, цвет кожи и глаз, форма носа, губ, век, черты лица, тип телосложения и др. Все перечисленные признаки являются наследственными.

Исследование ископаемых останков кроманьонцев показало, что они имели черты, характерные для современных человеческих рас. На протяжении десятков тысячелетий потомки кроманьонцев проживали в самых разнообразных географических областях планеты. Это значит, что каждая человеческая раса имеет собственный ареал возникновения и формирования. Отличия между человеческими расами — это результат естественного отбора в разных условиях обитания при наличии географической изоляции. Длительное действие факторов окружающей среды в местах постоянного проживания приводило к постепенному закреплению комплекса признаков, характерных для этих групп людей. В настоящее время выделяют три большие человеческие расы (рис. 82, с. 178). Они в свою очередь подразделяются на малые расы (их около тридцати).

Представители ***европеоидной (евразийской) расы*** приспособились к жизни в условиях холодного и влажного климата. Ареалом распространения европеоидной расы являются Европа, Северная Африка, небольшая часть Азии и Индии, а также Северная Америка и Австралия. Для них характерна преимущественно светлая или слегка смуглая кожа. Эта раса характеризуется прямыми или волнистыми волосами, узким выступающим носом и тонкими губами. На лице у мужчин выражен волосяной покров (в виде усов и бороды). Выступающий узкий нос у европеоидов способствует согреванию вдыхаемого воздуха в холодных климатических условиях.

Правообладатель Народная асвета

Рис. 82. Человеческие расы

Люди негроидной (австрало-негроидной) расы в наибольшей степени представлены на участках планеты с жарким климатом. Они населяют Африку, Австралию и острова Тихого океана. Адаптациями к данным климатическим условиям являются темный цвет кожи, вьющиеся или волнистые волосы. Например, вьющиеся волосы на голове представителей негроидной расы формируют своеобразную воздушную подушку. Такая особенность расположения волос защищает голову от перегрева. Для представителей негроидной расы также характерен плоский, мало выступающий нос, толстые губы и темный цвет глаз.

Монголоидная (азиатско-американская) раса распространена на территориях Земли с суровым континентальным климатом. Исторически данная раса населяла практически всю Азию, а также Северную и Южную Америку. Монголоиды характеризуются смуглой кожей, прямыми жесткими темными волосами. Лицо уплощенное, с хорошо выраженными скулами, нос и губы средней шири-

Правообладатель Народная асвета

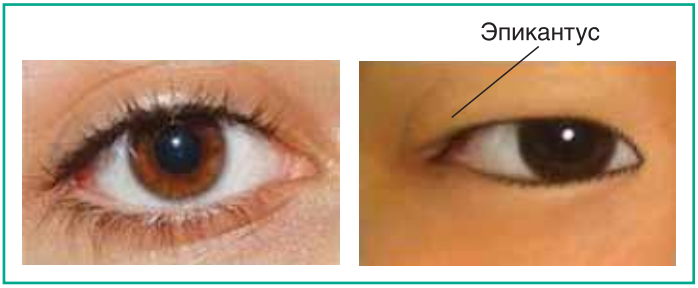


Рис. 83. Глаз европеоида и монголоида

ны, волосяной покров лица развит слабо. Имеется кожная складка во внутреннем уголке глаза — *эпикантус* (рис. 83). Узкий разрез глаз и эпикантус у монголоидов являются приспособлениями к частым пыльным бурям. Формирование толстой жировой подкожной клетчатки позволяет им адаптироваться к низким температурам холодных континентальных зим.

Единство человеческих рас подтверждается отсутствием генетической изоляции между ними. Это выражается в возможности появления плодовитого потомства в межрасовых браках (рис. 84). Еще одним доказательством единства

Рис. 84. Межрасовый брак

Правообладатель Народная асвета

рас служит наличие у всех людей на пальцах дугообразных узоров и одинаковый характер расположения волос на теле.

Расизм — совокупность учений о физической и психической неравноценности человеческих рас и решающем влиянии расовых различий на историю и культуру общества. Идеи расизма зародились, когда открытые Ч. Дарвином законы эволюции живой природы стали переноситься на человеческое общество.

Основными идеями расизма являются идеи об изначальном делении людей на высшие и низшие расы из-за их биологической неравноценности. Причем представители высших рас являются единственными создателями цивилизации и призваны господствовать над низшими. Так расизм стремится оправдать социальную несправедливость в обществе и колониальную политику.

Расистская теория на практике существовала в фашистской Германии. Фашисты считали высшей свою арийскую расу и этим оправдывали физическое уничтожение огромного количества представителей других рас. В нашей стране как одной из наиболее пострадавших от агрессии фашистских оккупантов любое следование идеям фашизма осуждается и карается по закону.

Расизм не имеет под собой никакого научного обоснования, так как доказана биологическая равноценность представителей всех рас и их принадлежность к одному виду. Различия же, имеющиеся в уровне развития, являются следствием социальных факторов.

Некоторые ученые предполагали, что главной движущей силой эволюции человеческого общества является борьба за существование. Эти взгляды легли в основу социал-дарвинизма — псевдонаучного течения, согласно которому все общественные процессы и явления (возникновение государств, войны и т. д.) подчинены законам природы. Сторонники этого учения рассматривают социальное неравенство людей как следствие их биологической неравноценности, возникшей в результате естественного отбора.

Особенности эволюции человека на современном этапе. В современном обществе на первый взгляд не наблюдается явных признаков дальнейшей эволюции вида *Homo sapiens*. Но этот процесс продолжается. Определяющую роль на данном этапе играют социальные факторы, однако сохранилась роль и некоторых биологических факторов эволюции.

Постоянно возникающие под действием факторов среды *мутации* и их комбинации изменяют генотипический состав популяции человека. Они обогащают фенотипы людей новыми признаками и поддерживают их уникальность. В свою очередь, вредные и несовместимые с жизнью мутации удаляются из человеческой популяции естественным отбором.

Правообладатель Народная асвета

Загрязнение планеты, прежде всего химическими соединениями, является причиной увеличения темпов мутагенеза и накопления генетического груза (вредных рецессивных мутаций). Этот факт так или иначе может оказать влияние на эволюцию человека.

Сформировавшийся около 50 тыс. лет назад вид Человек разумный к настоящему времени практически не претерпел внешних изменений. Это результат действия *стабилизирующего естественного отбора* в относительно однородной среде обитания человека. Одним из примеров его проявления явилась повышенная выживаемость новорожденных детей с массой тела в пределах средних значений (3—4 кг). Однако на современном этапе благодаря развитию медицины роль данной формы отбора значительно снизилась. Современные медицинские технологии позволяют выхаживать новорожденных с низкой массой тела и дают возможность полноценно развиваться недоношенным детям.

Сегодня в нашей стране благодаря реализации государственных программ «Демографическая безопасность Беларуси», «Дети Беларуси», «Здравоохранение Беларуси» удалось снизить смертность новорожденных более чем в 2 раза по сравнению с прошлым десятилетием. На сегодняшний день этот показатель является самым низким среди стран СНГ и одним из самых низких в мире. Учеными Республики Беларусь разработаны и внедрены новейшие технологии выхаживания недоношенных детей. Белорусские врачи успешно выхаживают детей с массой тела около 1 кг. В родильных домах широко используются современные высокотехнологичные инкубаторы. Они позволяют имитировать условия материнского организма. Разработаны и применяются аппараты искусственной вентиляции легких у новорожденных, оборудование для дозированной подачи лекарственных препаратов.

Ведущая роль *изоляции* в эволюции человека прослеживалась на этапе формирования человеческих рас. В современном обществе благодаря разнообразным средствам передвижения и постоянной миграции людей значение изоляции практически ничтожно. Отсутствие генетической изоляции между людьми является важным фактором в обогащении генофонда населения планеты.

На некоторых относительно ограниченных территориях не утратил своей эволюционной роли такой фактор, как *дрейф генов*. В настоящее время он проявляется локально в связи с природными катаклизмами. Стихийные бедствия иногда уносят жизни десятков и даже сотен тысяч людей, как это произошло в начале 2010 г. в результате землетрясения на Гаити. Это, несомненно, оказывает влияние на генофонд человеческих популяций.

Следовательно, на эволюцию вида *Homo sapiens* в настоящее время влияет только мутационный процесс. Действие естественного отбора и изоляции минимально.

Правообладатель Народная асвета

Все люди, живущие на планете Земля в настоящее время, принадлежат к одному виду — Человек разумный. В пределах данного вида выделяют человеческие расы. Признаки рас сформировались под влиянием факторов среды обитания. В настоящее время выделяют три большие человеческие расы: европеоидную, австрало-негроидную и монголоидную. На современном этапе из биологических факторов на эволюцию человека в неизменном виде действует только мутационный процесс. Роль естественного отбора и дрейфа генов значительно снизилась, а изоляция практически утратила свое значение.

1. Охарактеризуйте основные приспособительные особенности представителей разных рас. Какой фактор эволюции способствовал их появлению? **2.** Приведите доказательства единства и равноценности человеческих рас. **3.** Почему, на ваш взгляд, расизм недопустим в современном обществе? **4.** Охарактеризуйте особенности эволюции человека на современном этапе. Какая роль в этом процессе принадлежит биологическим факторам эволюции? **5.** Приведите примеры дрейфа генов в человеческих популяциях на современном этапе. Какую роль и в каких случаях данный процесс играет в эволюции человека на современном этапе? Ответ обоснуйте.

Правообладатель Народная асвета

Глава 6

Поведение как результат эволюции

В этой главе вы познакомитесь с основными направлениями этологии — науки о биологических основах поведения животных. Вы узнаете, как происходит становление любого поведенческого акта. Определите значение различных форм поведения для выживания живых организмов и узнаете, как происходила эволюция поведения.

§ 42. Поведение как форма адаптации организмов

Особенности поведения живых организмов. Выживание организмов во многом определяется их способностью взаимодействовать с окружающей средой. Это в наибольшей степени достигается через реализацию целого ряда *поведенческих реакций*.

Поведение — совокупность всех действий организма.

Поведенческие реакции тем более очевидны, чем заметнее изменение силы действия экологических факторов. При этом в поведенческой реакции может быть задействована либо только какая-то функция или орган, либо весь организм. Например, при встрече хищника и жертвы жертва подвержена испугу и часто вынуждена спасаться бегством. При этом в ответной реакции жертвы принимает участие большинство систем органов: нервная, дыхательная, опорно-двигательная, кровеносная, пищеварительная. Это, по сути, и есть тот суммарный ответ на внешнее воздействие, который и принято называть поведением.

Известно, что определенные поведенческие реакции вызываются не только внешним, но и внутренним воздействием. Так, при длительном отсутствии пищи в крови хищника снижается количество питательных веществ (глюкозы, аминокислот). Этот недостаток воспринимается хеморецепторами и далее посредством нервных импульсов поступает в центр голода головного мозга. Таким образом, у хищника формируется чувство голода, которое толкает его на поиск добычи.

В зависимости от эволюционного положения организма поведенческие реакции и средства достижения определенных потребностей различны. В то же время единым для всех организмов является то, что возникшая потребность побуждает к действию, направленному на ее удовлетворение. Такое побуждение к действию называется ***мотивацией***. Например, при снижении количества корма в среде обитания и одноклеточные протисты, и хищные млекопитающие способны про-

Правообладатель Народная асвета

являть сходные действия. Они изменяют территорию поиска, переходят на новые участки. Таким образом, совершаются сходные поведенческие акты, хотя их механизмы различны.

Поведение играет очень важную роль в выживании организмов. Безусловно, поведенческие реакции самые быстрые и характеризуют физиологическое состояние организма. Например, от прямых солнечных лучей человеку проще спрятаться в тень, чем ждать, пока кожа загорит и станет менее чувствительной.

Уровни поведения и эволюция. Выделяют пять уровней (форм) поведения, характерных для животных. Их можно объединить в две группы: врожденные и приобретенные. К врожденным относятся постоянные (стереотипные) формы поведения — *таксисы, рефлексы* и *инстинкты*. Они практически не меняются в течение жизни и чаще всего носят наследственный характер. Приобретенными формами поведения являются те, которые развиваются в течение жизни индивида, — *научение* и *рассудочная деятельность*. По мере усложнения организации врожденные формы поведения постепенно уступают место приобретенным. Например, таксисы чаще проявляются у протистов, в меньшей степени — у червей и исчезают у примитивных млекопитающих. У пчел преобладает инстинктивное поведение, а у собак оно сменяется способностями к обучению. Высший уровень — рассудочная деятельность начинает формироваться у низших млекопитающих, усиливается у высших приматов и максимальна у человека.

Врожденные формы поведения (таксисы, рефлексы, инстинкты) являются полезными для жизнедеятельности реакциями организма. Они сформировались и закрепились в генотипе в результате действия естественного отбора. Данные формы поведения очень разнообразны и постоянны для видов, а также для более крупных таксономических единиц (родов, семейств, отрядов). Поэтому врожденные формы поведения можно использовать в качестве систематического признака при классификации животных. Например, представители семейства волчьих на охоте используют длительную погоню, основанную на выносливости и изнурении жертвы. Представители же кошачьих предпочитают выжидательный способ охоты. Они набрасываются на жертву, подстерегая ее в укрытии.

Рис. 85. Хемотаксис у насекомых: бабочки слетелись на сладковатую жидкость, выделяемую растениями

Простейшей врожденной формой поведения являются таксисы (рис. 85).

Правообладатель Народная асвета

Таксис — форма пространственной ориентации организмов по отношению к источнику раздражения. Если движение осуществляется к источнику раздражения — это положительные таксисы, если в противоположную сторону — отрицательные. В зависимости от природы раздражителя выделяют фото-, термо-, хемотаксисы и др. Примером положительного термотаксиса служит скопление водных беспозвоночных в верхних, наиболее прогреваемых участках водоема. Положительным хемотаксисом является распознавание насекомыми половых партнеров, а также мест своего обитания даже на значительном удалении от них. Отрицательным таксисом будет, к примеру, движение анаэробных бактерий в сторону от повышенной концентрации кислорода.

Рефлексы представляют собой стереотипные реакции организма на определенные воздействия, происходящие при участии нервной системы. Они могут быть направлены на удовлетворение потребностей организма в пище, воде, безопасности и др. *Безусловные* рефлексы одинаковы у всех животных одного вида, и именно на них основаны все формы врожденного поведения. *Условные* рефлексы, открытые И. П. Павловым, лежат в основе научения — приобретенной формы поведения. Их формирование можно рассматривать как звено между врожденными и приобретенными формами поведения. Примером рефлекторной формы поведения может быть пассивно-оборонительный рефлекс у животных. В данном случае животное замирает при появлении хищника или незнакомом звуке.

Интересной формой стереотипного поведения являются ***инстинкты*** — цепи сложных безусловных рефлексов. Инстинкты возникли в процессе эволюции в качестве приспособлений к типичным условиям существования вида. Благодаря наследственной закрепленности инстинкты проявляются в любой момент жизнедеятельности организма и не требуют специального обучения. Инстинктивное поведение направлено на повышение выживаемости организмов. Примером инстинктов является деятельность насекомых, птиц и других животных по добыванию пищи, постройке гнезд, выведению потомства. При строительстве гнезда певчий дрозд, например, смазывает лоточек глиной, а дрозд белобровик этого не делает. Синица ремез строит из растительного пуха сложное гнездо в виде мешочка, подвешенного к ветвям дерева. У млекопитающих только что родившиеся детеныши сразу начинают сосать материнское молоко. Птенцы лебедей и уток, только вылупившись, уже умеют плавать.

Индивидуально приобретенные формы поведения (научение, рассудочная деятельность). Перечисленные врожденные формы поведения обеспечивают приспособленность организма для удовлетворения основных жизненных потребностей при неизменных условиях внешней среды. Для выживания в динамически изменяющихся условиях организмам необходимо менять свои поведенческие реакции. Этой способностью в форме приобретенных условных рефлексов в наи-

Правообладатель Народная асвета

Рис. 86. Приобретенные формы поведения: *1* — импринтинг (запечатление), *2* — привыкание, *3* — подражание

большей степени обладают птицы и млекопитающие. В данном случае животное обучается реагировать на новый, безразличный в старых условиях стимул.

Научение — приспособительное изменение поведения в результате предшествующего опыта, за счет которого достигается индивидуальное приспособление живых организмов к среде обитания.

Простейшим способом индивидуального научения в природе является *метод проб и ошибок*. К примеру, молодой птенец, слетевший с гнезда, будет пытаться поймать осу, пока не убедится, что это яркоокрашенное насекомое несъедобно. Точно так же лягушки отказываются от поедания насекомых с предостерегающей окраской, если ранее с ними уже встречались.

Для теплокровных животных характерна интересная форма научения — *импринтинг* (*запечатление*) (рис. 86, *1*). Запечатлением является следование детенышей за объектом их постоянного внимания, например за матерью. Однако, если только что вылупившемуся утенку представить другой передвигающийся объект, утенок пойдет за ним. Если в дальнейшем птенцу будет представлена собственная мать, он все равно пойдет за первоначально запечатленным объектом. Запечатление формируется исключительно в раннем возрасте. Если оно не возникает сразу, данный вид научения может вообще не развиться.

Простой формой научения является *привыкание* (рис. 86, *2*). Оно развивается при продолжительном повторении неподкрепленных стимулов. Например, птицы, собирающие на поле корм, со временем перестают реагировать на работающую сельскохозяйственную технику. Этот вид научения позволяет животным с раннего возраста различать нейтральные факторы окружающей среды и не реагировать на них.

У птиц и млекопитающих развито *подражание* (рис. 86, *3*), которое также является приспособительной поведенческой реакцией. К примеру, молодые тигры, охотясь, подражают взрослым при выслеживании и подкрадывании к жертве. Подражание играет важную роль в поведении человека. Так, маленькие дети

Правообладатель Народная асвета

неосознанно подражают старшим братьям и сестрам, подростки — педагогам или кумирам.

Высшей приспособительной формой поведения, наиболее развитой у человека, является рассудочная деятельность.

Рассудочная деятельность — способность к выполнению адаптивного поведенческого акта в сложившейся ситуации.

В основе рассудочной деятельности лежит мышление. *Мышление — вид умственной деятельности, заключающийся в познании сущности предметов и явлений и установлении закономерных связей и отношений между ними.* Помимо человека, только высшие приматы оказались способны решать мыслительные задачи с минимальным числом повторений.

Например, шимпанзе, пытаясь достать банан, подвешенный к потолку клетки, использует деревянный ящик в качестве опоры. Стараясь максимально приблизить ящик к цели, обезьяна ставит его на ребро. При этом расстояние до банана, безусловно, сокращается. Задачи на элементарную рассудочную деятельность на основе мыслительных процессов решают и некоторые породы собак. Так, пастушьи собаки самостоятельно могут собрать стадо, разбить его на определенные группы, найти и вернуть отставших животных и др.

Мышление позволяет человеку адаптироваться к меняющимся условиям среды без метода проб и ошибок. Оно позволяет устанавливать логические связи между изучаемыми предметами и явлениями. Благодаря мышлению человек способен непрерывно пополнять запас понятий и представлений об окружающем мире. Только человек способен формулировать новые суждения и умозаключения. Благодаря мышлению человек с раннего возраста может воспринимать информацию в виде символов (букв и слов). Способность мыслить — одна из самых важных поведенческих адаптаций человека. Недаром древние мудрецы говорили: «Мыслю — значит существую».

Поведение — совокупность всех действий организма. Формы поведения бывают врожденные и приобретенные. К врожденным относятся постоянные (стереотипные) формы поведения — таксисы, рефлексы и инстинкты. Они не меняются в течение жизни и носят наследственный характер. Приобретенными формами поведения являются те, которые развиваются в течение жизни индивида, — научение и рассудочная деятельность.

1. Что такое поведение? Охарактеризуйте особенности поведения животных, вызванные внешними и внутренними воздействиями. **2.** Какие уровни (формы) поведения вам известны? Как они изменяются в процессе эволюции животного мира? **3.** Охарактеризуйте врожденные формы поведения. Приведите примеры таксисов

Правообладатель Народная асвета

и инстинктов. **4.** Опишите индивидуально приобретенные формы поведения. Какой эксперимент можно поставить для доказательства того, что обезьяны обладают рассудочной деятельностью? **5.** Ночные бабочки благодаря инстинктам собирают нектар со светлых цветков, хорошо заметных в темноте. Приведите пример, когда даже в ночных условиях данный инстинкт будет нецелесообразен. Ответ поясните.

§ 43. Инстинктивное и общественное поведение животных

Инстинктивное поведение беспозвоночных и позвоночных животных. Среди беспозвоночных животных инстинктивная деятельность наиболее развита у высших представителей членистоногих: насекомых и паукообразных. В их инстинктах можно отметить ряд очень точно отрегулированных и строго повторяющихся действий.

Примером сложного инстинкта насекомых может быть инстинкт заботы о потомстве одного из видов ос — *сфекса*. Это можно представить в виде следующего алгоритма: рытье норки → поиск добычи → захват и обездвиживание добычи ядом → перенос добычи в норку → → откладывание в добычу яйца с будущей личинкой → заделывание норки → рытье норки для новой добычи. Данный инстинкт позволяет личинке получать свежую пищу, которая не портится в течение всей ее жизни.

Все этапы инстинктивной деятельности беспозвоночных наследственны и постоянны. Поэтому инстинкты порой не позволяют им быстро приспосабливаться к изменяющимся условиям среды.

У позвоночных животных, особенно млекопитающих, инстинктивное поведение не совершается само по себе. Для этого должно возникнуть соответствующее биологическое влечение (мотивация).

Например, голодный хищник активно исследует окружающую среду. С помощью органов чувств он отыскивает внешние сигналы, которые помогут удовлетворить возникшую потребность. Это поисковая фаза инстинктивного поведенческого акта по добыванию пищи. Внешний вид или голос обнаруженной добычи является своеобразным пусковым раздражителем. Данный раздражитель вызывает у хищника определенную последовательность двигательных реакций: подкрадывание, нападение, схватывание, умерщвление жертвы. Инстинктивные действия, заключающиеся в акте еды, практически одинаковы для всех хищников.

В целом как для беспозвоночных, так и для позвоночных животных инстинктивные реакции полезны лишь при постоянстве условий окружающей среды. При их изменении эти реакции становятся нецелесообразными. Например, инстинкт оборонительной реакции ежа (свертывание в колючий клубок) теряет свой смысл, когда он оказывается на автотрассе.

Правообладатель Народная асвета

Общественное поведение животных: групповой образ жизни, социальная иерархия особей. Для повышения выживаемости животные способны образовывать группы, отличающиеся степенью постоянства и организации. Выделяют ряд причин объединения животных в группы. *Во-первых*, в группе проще защищаться от хищников. *Во-вторых*, в группе проще отыскать полового партнера. *В-третьих*, в пределах группы есть возможность передачи опыта молодым особям путем подражания и научения. В то же время в больших группах животных резко возрастает степень конкуренции за корм, территорию, половых партнеров. Поэтому преимущества жизни в группе должны дополняться формами согласованного поведения отдельных особей. Такие формы группового поведения могут возникать только у животных с высокоорганизованной нервной системой и развитыми органами чувств.

Рис. 87. Случайная группа: стая саранчи

Ученые выделяют разные типы групп животных. Иногда группы носят ***случайный характер***. Это связано, как правило, с благоприятными условиями среды обитания, которые и притягивают животных. Например, часто можно наблюдать большие скопления мух на хорошо прогреваемых поверхностях. Другим примером такой группы может быть скопление саранчи (до 2,5 млрд особей) в условиях благоприятной кормовой базы (рис. 87).

Случайные группы представляют собой простую совокупность животных. Животные в них слабо взаимодействуют друг с другом, и такие группы могут быстро распадаться.

Большинство групп животных формируется для совместного удовлетворения потребностей в пище, территории, размножении и др. В этом случае между отдельными особями группы устанавливаются особые связи, обеспечивающие долговременность их существования. Образуются группы с социальной иерархией.

Социальная иерархия — система связей между членами группы в виде соподчинения особей друг другу.

Социальная иерархия очень четко прослеживается в стадах оленей, семьях обезьян, муравьев. Например, в оленьем стаде выделяются вожаки.

Правообладатель Народная асвета

Рис. 88. Группа с социальной иерархией особей: стадо оленей

Это, как правило, наиболее опытные и старые особи, которые обеспечивают руководство в группе. Они всегда занимают лидирующие позиции, располагаются впереди стада, наиболее бдительны (рис. 88). Олени, располагающиеся по бокам стада, отличаются повышенным беспокойством и настороженностью. Данная особенность дает им возможность быстро информировать сородичей об опасности.

Пример группы с социальной иерархией у беспозвоночных животных можно наблюдать в муравейнике. Семья муравьев — это объединение тысяч, а иногда и миллионов особей. Их общими усилиями строится гнездо, выкармливается многочисленное потомство, охраняется муравейник. Все это возможно, благодаря подчинению всех обитателей муравейника главной цели — сохранению и процветанию семьи. Так, рабочие муравьи-фуражиры добывают пищу в количествах, многократно превышающих их индивидуальные потребности. Муравьи-носильщики переносят личинок, куколок и самок из одной части гнезда в другую. Роль самцов сводится к оплодотворению молодых крылатых самок. Самцы, как правило, после спаривания погибают. Оплодотворенные самки сбрасывают крылья и либо основывают новую семью, либо остаются в своем муравейнике. Продолжительность жизни муравьиной самки максимальна для мира насекомых и составляет порядка 20 лет. Иногда молодых самок принимают в другие, уже существующие семьи своего вида.

Социальная иерархия в пределах группы может изменяться. Это, как правило, связано со старением лидирующих особей и вытеснением их молодыми.

Правообладатель Народная асвета

Инстинкты животных — поведенческие адаптации к условиям существования, которые наиболее целесообразны при постоянстве условий окружающей среды. Для повышения выживаемости и удовлетворения потребностей жизнедеятельности животные способны образовывать группы. Различают случайные группы и группы с социальной иерархией особей.

1. Охарактеризуйте особенности инстинктивного поведения животных. В чем, на ваш взгляд, проявляется относительность инстинктов? **2.** Чем обусловлено объединение животных в группы? Какие виды группового образа жизни вам известны? **3.** Охарактеризуйте принципы построения социальной иерархии в семейных группах обезьян, муравьев. **4.** Примером группы с социальной иерархией может быть стая волков. Опишите, где располагаются и какие функции выполняют различные особи в волчьей стае. Спрогнозируйте, что может произойти со стаей волков в случае гибели вожака.

§ 44. Поведение человека

Поведение человека как социобиологического вида. Человек разумный является одним из видов царства Животные. Для него как для биологического вида характерны все потребности животных: в кислороде, пище, воде, размножении и др. Вместе с тем, как вы уже знаете, человек имеет ряд черт, отличающих его от животных. Данные отличия породили и новые потребности человека, не характерные для животных.

Иерархическую систему потребностей человека хорошо иллюстрирует пирамида потребностей, предложенная американским психологом Абрахамом Маслоу (рис. 89, с. 192). По мере удовлетворения потребностей человека, лежащих в основании пирамиды, все более актуальными становятся потребности более высокого уровня. Чаще всего последовательность удовлетворения потребностей соответствует их иерархии в пирамиде.

Однако именно для человека характерны случаи, когда потребности более высокого ранга удовлетворяются на фоне неудовлетворения насущных физиологических потребностей. Это можно проиллюстрировать на примере жителей блокадного Ленинграда в годы Великой Отечественной войны. Ленинградцы голодали, однако сохранили уникальную коллекцию семян различных сортов культурных растений. Или в концентрационных фашистских лагерях люди находили в себе силы вести подпольную антифашистскую борьбу. Данные примеры являются свидетельством того, что даже в критические минуты жизни у человека есть возможность к самореализации в обществе.

Правообладатель Народная асвета

Рис. 89. Пирамида потребностей

Человек в социальной среде. Нормы поведения. ***Социальная среда*** — конкретные общественные отношения, традиции, нравственные и правовые установки, при которых живет человек. Таким образом, социальная среда — это люди, объединенные в различные группы, с которыми каждый человек находится в специфических отношениях и общении. Социальная среда воздействует на человека, подчиняет общественному мнению, увлекает, а также принуждает к определенной направленности социального поведения.

Научные знания, жизненный опыт, мотивы различных поступков, которые человек черпает из социальной среды, являются ведущими в формировании личности человека. На основании личностных качеств (уровень образования, целеустремленность, организаторские способности и др.) каждому человеку принадлежит в обществе определенное место. Кроме социальной среды в широком смысле слова, которая подразумевает все общество, выделяют и малые социальные среды. К ним относят семью, класс, трудовой коллектив, членом которого является данный человек.

В качестве социальной среды человека можно рассматривать и неформальные группы людей. Неформальная группа — это спонтанно возникшая группа людей, которые регулярно вступают во взаимодействие для достижения определенной цели. Причины объединения людей различны: чувство причастности, помощь, защита, общение. Например, по инициативе Беларуси при ООН была создана неформальная Группа друзей по борьбе с торговлей людьми.

Правообладатель Народная асвета

В нее вошли 22 государства, представляющих все регионы мира. Данная группа — это открытое, неформальное и добровольное объединение людей, созданное для активизации международной деятельности по борьбе с торговлей людьми. В нашей стране можно также выделить социально активные неформальные группы с позитивно направленной деятельностью: группы экологической защиты, охраны памятников и др.

За время развития человеческой цивилизации были выработаны определенные нормы поведения людей в различных общественных группах. Они основываются на национальных традициях, обычаях, социальном и сословном делении людей, нормах морали, вероисповедании и др. Неукоснительное соблюдение всех норм поведения и законов обеспечивает гармоничное развитие общества.

Суррогатное общение. В последние годы в жизнь человека все больше входят компьютерные технологии. Специалисты озабочены тем, что компьютеры заменяют реальное словесное и духовное общение между людьми. ***Суррогатное общение*** — новый вид общения и получения информации посредством компьютерной техники (рис. 90). Основная доля суррогатного общения осуществляется через сеть Интернет и виртуальный мир компьютерных игр. Ученые считают, что общение через Интернет не способствует расширению межличностных контактов и кругозора. Кроме того, снижается возможность к самореализации личности человека в обществе.

Рис. 90. Суррогатное общение

Правообладатель Народная асвета

Ученые предостерегают от излишнего увлечения развлекательными интернет-сайтами и компьютерными играми. Считается, что это может негативно влиять как на физическое здоровье, так и на психику человека. У подростков порой отмечается агрессия к окружающим людям. Чрезмерное увлечение компьютерными играми также может нарушить работу сердечно-сосудистой системы и даже привести к слабоумию.

Серьезной проблемой современности стала зависимость человека от мобильных телефонов — *номофобия*. Ученые Великобритании показали, что более 50 % англичан преследует панический страх остаться в одиночестве. А источником данного страха является молчащий мобильный телефон. В приступах номофобии люди отмечают у себя панические атаки, тошноту, недостаток кислорода, жгучую боль в груди.

Антиобщественное поведение. К сожалению, в обществе нередки случаи ***антиобщественного поведения*** — поступков личности или групп людей, нарушающих официально установленные в обществе правовые нормы. Например, в настоящее время получили распространение неформальные группы болельщиков — фан-клубы. К сожалению, порой это не просто болельщики, а пропагандисты экстремизма, насилия и межнациональной розни.

Крайне негативной формой антиобщественного поведения является наркомания, приводящая к деградации не только отдельного человека, но и общества в целом. Наркотики разрушают здоровье человека. Наркоманы подвержены очень опасным заболеваниям: СПИДу, гепатитам, сепсису (заражению крови) и др. Они погибают молодыми. Чтобы заполучить наркотики, наркоманы пытаются раздобыть деньги путем краж и грабежей, что вызывает рост преступности. Данное явление категорически недопустимо в человеческом обществе.

В случае нарушения правил общественного поведения и законодательных актов вступают в силу меры воздействия: от порицания до суровой уголовной ответственности.

Поведение человека и природная среда. Поведение человека в природной среде сегодня в наибольшей степени определяется законами и моралью общественных отношений. В современном мире зависимость человека от природы практически минимальна. Так, почти все современные жилища имеют необходимые системы жизнеобеспечения. Человек использует одежду, соответствующую сезону, пользуется своевременным медицинским и информационным обслуживанием. Научные достижения позволили человеку заселить практически всю пригодную для жизни территорию планеты. Человек научился успешно противостоять болезням и освоил космическое пространство. Люди значительно расширили спектр употребляемых продуктов питания. В их рационе теперь не только пища природного происхождения, но и ряд продуктов сельскохозяйственного и промышленного производства.

Правообладатель Народная асвета

Обратной стороной научно-технического прогресса является подчинение природной среды исключительно интересам человека. В результате поведение человека в природной среде часто наносит ей огромный вред. Поэтому человеческому обществу в ближайшее время необходим срочный переход от дальнейшего овладения природой к гармоничным взаимоотношениям с ней. Ведущая роль в этом процессе должна принадлежать человеческому разуму — самой могучей силе на планете Земля.

Поведение человека в обществе определяется исторически сложившимися нормами поведения. Неукоснительное соблюдение всех правовых норм и законов обеспечивает гармоничное развитие общества и взаимоотношений человека с природой. Ведущая роль в этом процессе должна принадлежать человеческому разуму — самой могучей силе на планете Земля.

1. Опишите, через удовлетворение каких потребностей должно строиться поведение человека в обществе. В чем вам видится различие в иерархии потребностей Человека разумного и неандертальца? **2.** Чем регулируется поведение человека в обществе? **3.** В чем, на ваш взгляд, заключается опасность суррогатного общения? **4.** Предложите мероприятия, которые необходимо проводить в молодежной среде для снижения доли суррогатного общения. **5.** Обоснуйте, почему курение можно отнести к наркомании. Подумайте, как наиболее эффективно предотвратить распространение наркомании в молодежной среде. Обсудите эту проблему во время классного часа. **6.** Какие мероприятия могут быть направлены на противодействие такой форме антиобщественного поведения как уклонение от учебы?

Правообладатель Народная асвета

Глава 7
Биосфера — живая оболочка планеты

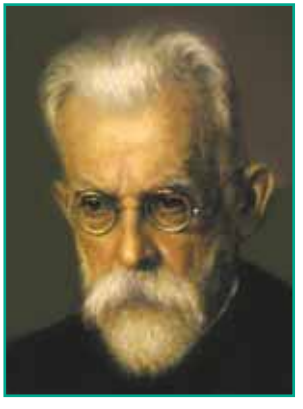
В этой главе вы познакомитесь с понятием биосферы и ее границами. Рассмотрите основной вещественный состав биосферы, а также определите роль живых организмов в ней. Вы сможете оценить, насколько глубоки в настоящий момент противоречия между потребностями современного общества и природой. В заключение научитесь основным принципам рационального природопользования и охраны природы. Полученные при изучении этой главы знания помогут вам осознанно принимать участие в реализации природоохранных мероприятий.

§ 45. Понятие биосферы. Границы биосферы

Понятие биосферы. Впервые термин биосфера был предложен в 1875 г. австрийским геологом Э. Зюссом. Однако лишь спустя пятьдесят лет русский геохимик В. И. Вернадский создал учение о биосфере.

Биосфера — оболочка Земли, созданная живыми организмами в результате жизнедеятельности и заселенная ими.

Согласно учению В. И. Вернадского, нынешнее состояние планеты Земля в значительной мере определяется жизнедеятельностью обитающих на планете живых организмов. Осуществляемый с их участием круговорот веществ является ведущим фактором, стабилизирующим состояние планеты на данном этапе существования.



Границы биосферы определяются условиями существования жизни. К ним относят: необходимое для жизнедеятельности количество воды, минеральных веществ, кислорода, углекислого газа, а также благоприятный температурный режим, степень солености воды в водоемах, уровень радиации и др. Все эти условия наилучшим образом реализуются в местах соприкосновения трех неживых оболочек планеты — атмосфе-

В. И. Вернадский (1863—1945) — русский естествоиспытатель, основоположник комплекса наук о Земле — геохимии, биогеохимии, радиологии, гидрогеологии и др.

Правообладатель Народная асвета

ры, литосферы и гидросферы. Поэтому биосфера как живая оболочка планеты располагается в пределах перечисленных сфер. Она занимает между ними пограничное положение и в то же время является их частью (рис. 91).

Атмосфера — воздушная оболочка Земли. Газовый состав атмосферы представлен в таблице 10.

Таблица 10. **Газовый состав атмосферы**

Газ	Содержание, %
Азот	78
Кислород	21
Аргон и другие газы	менее 1
Углекислый газ	около 0,04

В качестве примеси в атмосфере в большом количестве содержатся водяные пары. Они вместе с углекислым газом, метаном, оксидами азота (парниковые газы) участвуют в нагревании нижнего слоя атмосферы, формируя парниковый эффект. Суть парникового эффекта состоит в способности атмосферы пропускать к поверхности Земли солнечные лучи и с помощью парниковых га-

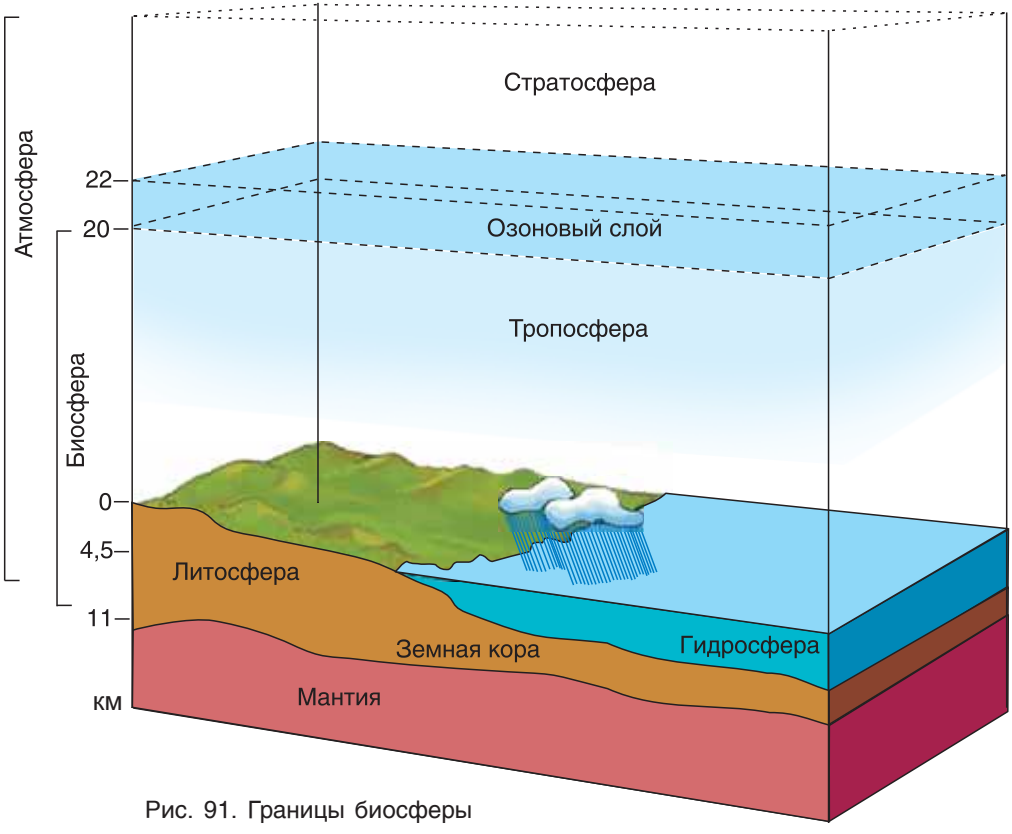


Рис. 91. Границы биосферы

Правообладатель Народная асвета

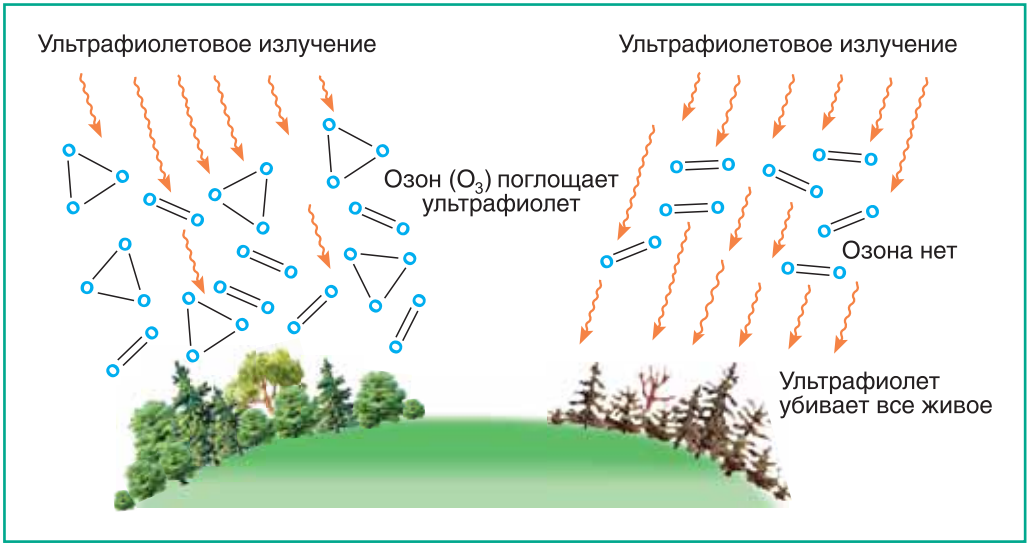


Рис. 92. Защитная роль озона в атмосфере

зов поглощать отраженное от нее тепловое излучение. В результате с увеличением высоты температура атмосферы снижается, а ее нижние слои остаются теплыми.

Распространение жизни в атмосфере ограничивается в основном ее нижним слоем — *тропосферой*. Как известно из курса географии, высота тропосферы колеблется от 8—10 км на полюсах до 18—20 км на экваторе (см. рис. 91). Например, верхняя граница полета птиц находится на высоте около 7 км; насекомые в воздушной среде поднимаются не выше 6 км. Фотосинтезирующие растения не растут в горах выше 6 км из-за низкого содержания углекислого газа и отсутствия воды.

Концентрация озона (O_3), который образуется из кислорода под действием солнечной радиации, на высоте 20—22 км максимальна. В то же время содержание озона крайне мало и составляет около $1 \cdot 10^{-4}$ % от газового состава атмосферы. Тем не менее молекулы озона формируют вокруг планеты защитный экран, предохраняющий все живое на Земле от губительного действия ультрафиолетового излучения Солнца (рис. 92).

Вертикальное распространение живых организмов в атмосфере за пределы озонового слоя лимитируется ультрафиолетовой радиацией, убивающей все живое.

Гидросфера — водная оболочка Земли, включающая все водные запасы планеты. Состав гидросферы представлен в таблице 11.

Правообладатель Народная асвета

Таблица 11. **Состав гидросферы**

Виды вод	Объем, млн км^3	Количество по отношению к общему объему гидросферы, %
Морские	1370	95,2
Подземные (за исключением почвенной)	34,2	2,5
Лед и снег (Арктика, Антарктика, Гренландия, горные ледники)	25,8	1,8
Поверхностные воды суши: озера, водохранилища, реки, болота, почвенные воды	0,5	около 0,3
Атмосферные воды	0,015	0,01
Воды, содержащиеся в живых организмах	0,00005	0,0003

Жизнь в гидросфере распространяется фактически на всю глубину, включая донные отложения. Гидросфера имеет максимальную глубину в Мировом океане — Марианская впадина Тихого океана (до 11 км). Растения и связанные с ними растительноядные животные концентрируются в верхних слоях океана на глубинах до 300 м. Это связано с тем, что лимитирующим фактором распространения жизни в гидросфере для автотрофных организмов является достаточное для фотосинтеза количество света, способного проникать в водную среду.

В то же время существует комплекс глубоководных животных, обитающих на больших глубинах. Это гетеротрофные организмы. Они потребляют готовое органическое вещество, выпадающее в виде осадка из верхних слоев гидросферы (продукты жизнедеятельности живых организмов, мертвая органика и т. д.). В условиях отсутствия освещенности могут жить некоторые черви, полипы, а также протисты и микроорганизмы. На дне океанов встречаются хемотрофные бактерии, получающие энергию за счет окисления химических соединений — водорода, серы, жиров, парафинов и др. Например, сообщества микроорганизмов, живущих в океанических термальных источниках, являются хемоавтотрофами и основными продуцентами океанического дна.

Литосфера — внешняя твердая оболочка Земли. Поверхностный слой литосферы представлен почвой.

Распространение жизни в литосфере наблюдается до глубины около 4,5 км, где обнаруживаются анаэробные микроорганизмы. Подавляющая часть живых организмов литосферы (до 99 %) обитает непосредственно в почве. Лимитирующим фактором распространения жизни в литосфере является высокая температура.

Правообладатель Народная асвета

Биосфера — оболочка Земли, созданная и заселенная живыми организмами. Биосфера как область существования жизни охватывает всю гидросферу до 11 км в глубину, нижнюю часть атмосферы (тропосферу до 20 км в высоту) и верхнюю часть литосферы глубиной до 4,5 км. Лимитирующим фактором распространения жизни в атмосфере является ультрафиолетовое излучение, в литосфере — высокая температура, гидросфера заселена практически полностью.

1. Каковы границы распространения живых организмов в атмосфере, гидросфере и литосфере? **2.** Охарактеризуйте особенности распространения жизни в границах биосферы. **3.** Объясните, чем обусловлена неравномерность распределения живых организмов в биосфере. **4.** Составьте схему распределения живых организмов в биосфере с указанием границ и лимитирующих факторов.

§ 46. Компоненты биосферы. Функции живого вещества

Классификация веществ, входящих в состав биосферы. Основными компонентами биосферы являются: живое, косное, биокосное и биогенное вещества.

Живое вещество — важнейший компонент биосферы.

Живое вещество — совокупность всех живых организмов на Земле с их способностью к размножению и распространению на планете, к борьбе за пищу, воду, территорию, воздух.

На живое вещество (по массе) приходится ничтожная доля по сравнению с массой Земли. Для живого вещества характерны рост, активное перемещение, стремление заполнить все окружающее пространство. Кроме того, живому веществу присущи удивительное разнообразие форм, размеров и химического состава и, конечно же, эволюция.

Косное вещество представлено минералами (алмаз, изумруд, кварц) и горными породами (гранит, мрамор). Их образование происходило и происходит без участия живого вещества. Эти процессы связаны, например, с выветриванием горных пород, их механическим разрушением, извержениями вулканов. Между косным и живым веществами существует неразрывная взаимосвязь. Например, она осуществляется в процессе дыхания живого вещества. При этом происходит перемещение атомов из косных компонентов биосферы в живые и обратно. По массе косное вещество биосферы многократно превосходит массу живого вещества.

Биокосное вещество является особым веществом биосферы. Оно представлено почвой, всеми природными водами, корой выветривания. Данное ве-

Правообладатель Народная асвета

щество является результатом непрерывного взаимодействия живого вещества с косным.

Проявлением деятельности живого вещества по преобразованию земной коры является его участие в создании осадочных пород органического происхождения (каменный уголь, различные руды, известняки, нефть). Результат этой работы был назван В. И. Вернадским ***биогенным веществом*** биосферы. Биогенное вещество происходит от живого вещества в результате его жизнедеятельности или отмирания. Так на планете Земля создавались залежи многих полезных ископаемых: торфа, нефти, угля и др.

Биомасса поверхности суши, Мирового океана, почвы. Биомасса представляет собой общую массу животных, растений и микроорганизмов, присутствующих в биосфере. Полная биологическая масса Земли оценивается приблизительно в 2420 млрд т. Биомассы живого вещества (зеленых растений, животных и микроорганизмов) на суше материков и в Мировом океане существенно различаются (табл. 12).

Таблица 12. **Биомасса живого вещества планеты (в пересчете на сухое вещество)**

Организмы	Биомасса живого вещества			
	Материковая часть		Мировой океан	
	млрд т	%	млрд т	%
Зеленые растения	2400	99,2	0,2	6,3
Животные и микроорганизмы	20	0,8	3,0	93,7
Всего	2420	100	3,2	100

Как видно из таблицы, наибольшая масса живых организмов биосферы сосредоточена на материках (более 98,7 %). Вклад океанической части в общую биомассу невелик (около 0,13 %). На суше значительно преобладает живое вещество растений (более 99 %), в океане — животных (более 93 %). В то же время при сравнении их абсолютных значений: 2400 млрд т растений и 3 млрд т животных — видно, что живое вещество на планете в подавляющем большинстве представлено наземными зелеными растениями. Биомасса гетеротрофных организмов составляет всего около 1 %.

Биомасса суши увеличивается от полюсов к экватору. Наибольшая биомасса живого вещества суши сконцентрирована в тропических лесах. Они являются наиболее продуктивными сообществами материковой части биосферы.

Правообладатель Народная асвета

Мировой океан занимает более 2/3 поверхности планеты. Биомасса в нем распространена неравномерно и представлена преимущественно в верхней части планктоном. Биомасса наземных растений в 1000 раз превосходит общую массу океанических живых организмов. В то же время именно Мировой океан считается самой продуктивной средой по созданию биомассы. Это связано с интенсивными темпами размножения микроскопических представителей фито- и зоопланктона, их быстрым ростом и короткой продолжительностью жизни. Поэтому общий объем первичной годовой продукции, образуемой продуцентами Мирового океана, сопоставим с объемом продукции растений суши.

Почва как среда обитания характеризуется собственной биомассой, поскольку тесно связана с жизнедеятельностью многих организмов. ***Биомасса почвы*** — совокупность живых организмов, обитающих в почве и играющих ведущую роль в процессе ее формирования. В почве много микроорганизмов, протистов, червей, разлагающих органическое вещество. В поверхностных слоях живут зеленые водоросли и цианобактерии, снабжающие почву кислородом в процессе фотосинтеза. Кроме того, в почве обитают муравьи, клещи, кроты, сурки, суслики и др. Все они ведут большую почвообразовательную работу, создавая плодородие почвы, а после гибели становятся источником органического вещества для бактерий. Биомасса почвы, подобно растительной биомассе, имеет тенденцию к увеличению от полюсов к экватору.

Биогеохимические функции живого вещества. Выделяют следующие важнейшие функции живого вещества на планете: энергетическую, газовую, концентрационную, окислительно-восстановительную.

Энергетическая функция. Энергия является необходимым условием существования и развития биосферы. Энергетическая функция реализуется, прежде всего, зелеными растениями. Главным поставщиком энергии в биосферу является Солнце. Как вы уже знаете, растения в процессе фотосинтеза аккумулируют солнечную энергию в химических связях разнообразных органических соединений. После этого растительные организмы перераспределяют ее между всеми компонентами биосферы. Отметим, что из всей поступающей в биосферу солнечной энергии только около 1 % используется продуцентами для фотосинтеза и далее передается потребителям в составе органического вещества. Остальное поглощается атмосферой, гидросферой и литосферой, а также участвует в протекающих в биосфере физических и химических процессах, например: движение воздушных масс, выветривание горных пород и др.

Газовая функция заключается в постоянно протекающем газообмене кислорода и углекислого газа между живыми организмами и окружающей средой в процессе фотосинтеза и дыхания. Такие газы, как азот, сероводород, метан, так-

Правообладатель Народная асвета

же могут являться продуктами жизнедеятельности живых организмов и иметь биогенное происхождение. Благодаря живым организмам в атмосфере нашей планеты поддерживается постоянство газового состава.

Окислительно-восстановительная функция заключается в многообразии химических реакций, протекающих в организме в процессе его жизнедеятельности. Она обусловлена наличием в составе живых организмов химических элементов с переменной степенью окисления (марганец, железо, хром). Благодаря им и обеспечивается многообразие протекающих в организме окислительно-восстановительных процессов. В процессе синтеза органических веществ преобладают восстановительные реакции и происходят затраты энергии. А в процессе окисления и расщепления в присутствии кислорода преобладают окислительные реакции с выделением энергии. Таким образом, жизнь в биосфере представляет собой непрерывный синтез и распад органических веществ, которые объединяют все живые организмы на Земле.

Концентрационная функция — избирательное накопление живым веществом химических элементов, рассеянных в окружающей среде. Например, панцири диатомовых водорослей, скелеты животных, раковины моллюсков — все это проявления концентрационной функции живого вещества. Образование биогенного вещества биосферы в виде залежей полезных ископаемых также является результатом концентрационной функции живого вещества.

Основными компонентами биосферы являются: живое, косное, биокосное и биогенное вещества. Наибольшая масса живых организмов сосредоточена на материках, причем биомасса продуцентов суши значительно преобладает. В океанической части биосферы консументы по биомассе превышают продуцентов. Живые организмы планеты в процессе жизнедеятельности выполняют энергетическую, газовую, окислительно-восстановительную, концентрационную функции.

1. Охарактеризуйте типы вещества, входящего в состав биосферы. **2.** Проанализируйте различия в соотношениях между биомассой продуцентов и консументов в Мировом океане и на суше. **3.** Сопоставьте продуктивность живого вещества Мирового океана и суши. Дайте объяснение их количественного соотношения. **4.** Охарактеризуйте основные биосферные функции живого вещества. **5.** Как известно, кислород имеет тенденцию к уменьшению растворимости при увеличении температуры воды. Тем не менее в теплых поверхностных водах Мирового океана, вблизи экватора, наблюдается стабильно высокая концентрация кислорода. Как вы можете объяснить причины этого явления?

Правообладатель Народная асвета

§ 47. Круговорот веществ в биосфере

Понятие о круговороте веществ. ***Круговорот веществ в биосфере — цикличный, многократно повторяющийся процесс совместного, взаимосвязанного превращения и перемещения веществ.*** Наличие круговорота веществ является необходимым условием существования биосферы. После использования одними организмами вещества должны переходить в доступную для других организмов форму. Такой переход веществ от одного звена к другому требует энергетических затрат, поэтому возможен только при участии энергии Солнца. С использованием солнечной энергии на планете протекают два взаимосвязанных круговорота веществ: большой — геологический и малый — биологический (биотический).

Геологический круговорот веществ — процесс миграции веществ, осуществляемый под влиянием абиотических факторов: выветривания, эрозии, движения вод и т. д. Живые организмы участия в нем не принимают.

С возникновением на планете живого вещества появился ***биологический (биотический) круговорот***. В нем принимают участие все живые организмы, поглощающие из окружающей среды одни вещества и выделяющие другие. Например, растения в процессе жизнедеятельности потребляют из окружающей среды углекислый газ, воду, минеральные вещества и выделяют кислород. Животные используют выделенный растениями кислород для дыхания. Они поедают растения и в результате пищеварения усваивают образовавшиеся в процессе фотосинтеза органические вещества. Выделяют углекислый газ и непереваренные остатки пищи. После отмирания растения и животные образуют массу мертвого органического вещества (детрит). Детрит доступен для разложения (минерализации) микроскопическими грибами и бактериями. В результате их жизнедеятельности в биосферу поступает дополнительное количество углекислого газа. А органические вещества превращаются в исходные неорганические компоненты — *биогены*. Образовавшиеся минеральные соединения, попадая в водоемы и почву, снова становятся доступны растениям для фиксации посредством фотосинтеза. Такой процесс повторяется бесконечно и носит замкнутый характер (круговорот). Например, весь атмосферный кислород проходит по этому пути примерно за 2 тыс. лет, а углекислому газу для этого требуется около 300 лет.

Энергия, заключенная в органических веществах, по мере перемещения в пищевых цепях уменьшается. Большая часть ее рассеивается в окружающей среде в виде тепла или расходуется на поддержание процессов жизнедеятельности организмов. Например, на дыхание животных и растений, транспорт веществ у растений, а также на процессы биосинтеза живых организмов. К тому же образовавшиеся в результате деятельности редуцентов биогены не содержат доступной для организмов энергии. В данном случае можно говорить лишь о пото-

Правообладатель Народная асвета

ке энергии в биосфере, но не о круговороте. Поэтому условием устойчивого существования биосферы является постоянно протекающий в биогеоценозах круговорот веществ и поток энергии.

Геологический и биологический круговороты в совокупности формируют общий биогеохимический круговорот веществ, основу которого составляют циклы азота, воды, углерода и кислорода.

Круговорот азота. Азот — один из самых распространенных элементов в биосфере. Основная часть биосферного азота находится в атмосфере в газообразной форме. Как известно из курса химии, химические связи между атомами в молекулярном азоте (N_2) очень прочные. Поэтому большинство живых организмов не способны использовать его непосредственно. Отсюда важным этапом в круговороте азота является его фиксация и перевод в доступную для организмов форму. Различают три пути фиксации азота (рис. 93).

Атмосферная фиксация. Под воздействием атмосферных электрических разрядов (молний) азот может взаимодействовать с кислородом с образовани-

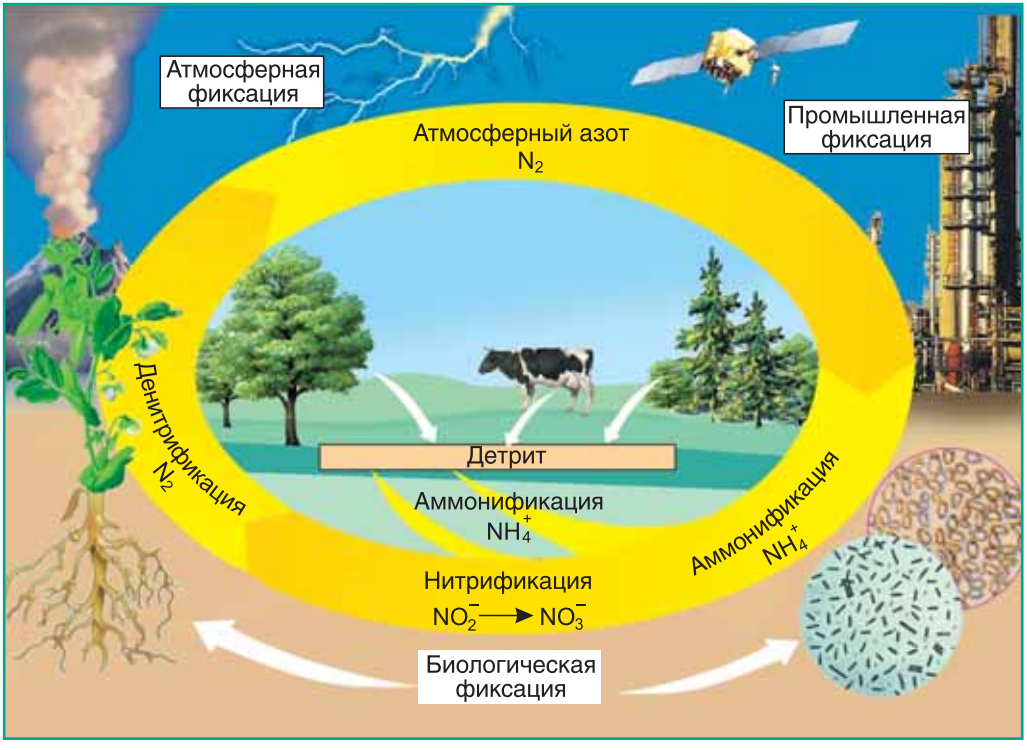


Рис. 93. Круговорот азота

Правообладатель Народная асвета

ем оксида (NO) и диоксида (NO_2) азота. Оксид азота (NO) при этом очень быстро окисляется кислородом и превращается в диоксид азота. Диоксид азота растворяется в парах воды и в виде азотистой (HNO_2) и азотной (HNO_3) кислот с осадками попадает в почву. В почве в результате диссоциации этих кислот образуются нитрит- (NO_2^-) и нитрат-ионы (NO_3^-). Нитрит- и нитрат-ионы уже могут поглощаться растениями и включаться в биологический круговорот. На долю атмосферной фиксации азота приходится около 10 млн т азота в год, что составляет около 3 % ежегодной азотфиксации в биосфере.

Биологическая фиксация. Она осуществляется азотфиксирующими бактериями, которые переводят азот в доступные для растений формы. Благодаря микроорганизмам связывается около половины всего азота. Наиболее известны бактерии, фиксирующие азот в клубеньках бобовых растений. Они поставляют растениям азот в виде аммиака (NH_3). Аммиак хорошо растворим в воде с образованием иона аммония (NH_4^+), который и усваивается растениями. Поэтому бобовые — лучшие предшественники культурных растений в севообороте.

После отмирания животных и растений и разложения их остатков почва обогащается органическими и минеральными соединениями азота. Далее гнилостные (аммонифицирующие) бактерии расщепляют азотсодержащие вещества (белки, мочевину, нуклеиновые кислоты) растений и животных до аммиака. Этот процесс называется *аммонификацией*. Большая часть аммиака впоследствии подвергается окислению нитрифицирующими бактериями до нитритов и нитратов, которые вновь используются растениями. Возвращение азота в атмосферу происходит путем денитрификации, которую осуществляет группа денитрифицирующих бактерий. В результате происходит восстановление азотистых соединений до молекулярного азота (см. рис. 93). Часть азота в нитратной и аммонийной формах с поверхностным стоком попадает в водные экосистемы. Здесь азот усваивается водными организмами или поступает в донные органические отложения.

Промышленная фиксация. Большое количество азота ежегодно связывается промышленным путем при производстве минеральных азотных удобрений. Азот из таких удобрений усваивается растениями в аммонийной и нитратной формах. Объем выпускаемых азотных удобрений в Беларуси в настоящее время составляет около 900 тыс. т в год. Крупнейшим производителем является ОАО «ГродноАзот». На данном предприятии выпускают карбамид, аммиачную селитру, сульфат аммония и другие азотные удобрения.

Примерно 1/10 искусственно внесенного азота используется растениями. Остальное с поверхностным стоком и грунтовыми водами переходит в водные экосистемы. Это приводит к накоплению в воде больших количеств соединений азота, доступных для усвоения фитопланктоном. В результате возможно бурное размножение водорослей (эвтрофикация) и, как следствие, заморы в водных экосистемах.

Правообладатель Народная асвета

Круговорот воды (рис. 94). Вода — основной компонент биосферы. Она является средой для растворения практически всех элементов при осуществлении круговорота. Большая часть биосферной воды представлена жидкой водой и водой вечных льдов (более 99 % всех запасов воды в биосфере). Незначительная часть воды находится в газообразном состоянии — это атмосферные водяные пары. Биосферный круговорот воды основывается на том, что ее испарение с поверхности Земли компенсируется выпадением осадков. Попадая на поверхность суши в виде осадков, вода способствует разрушению горных пород. Это делает составляющие их минералы доступными для живых организмов. Именно испарение воды с поверхности планеты обусловливает ее геологический круговорот. На него расходуется около половины падающей солнечной энергии. Испарение воды с поверхности морей и океанов происходит с большей скоростью, чем возвращение ее с осадками. Эта разница компенсируется за счет поверхностного и глубинного стоков благодаря тому, что на континентах осадки преобладают над испарением.

Увеличение интенсивности испарения воды на суше во многом обусловлено жизнедеятельностью растений. Растения извлекают воду из почвы и активно

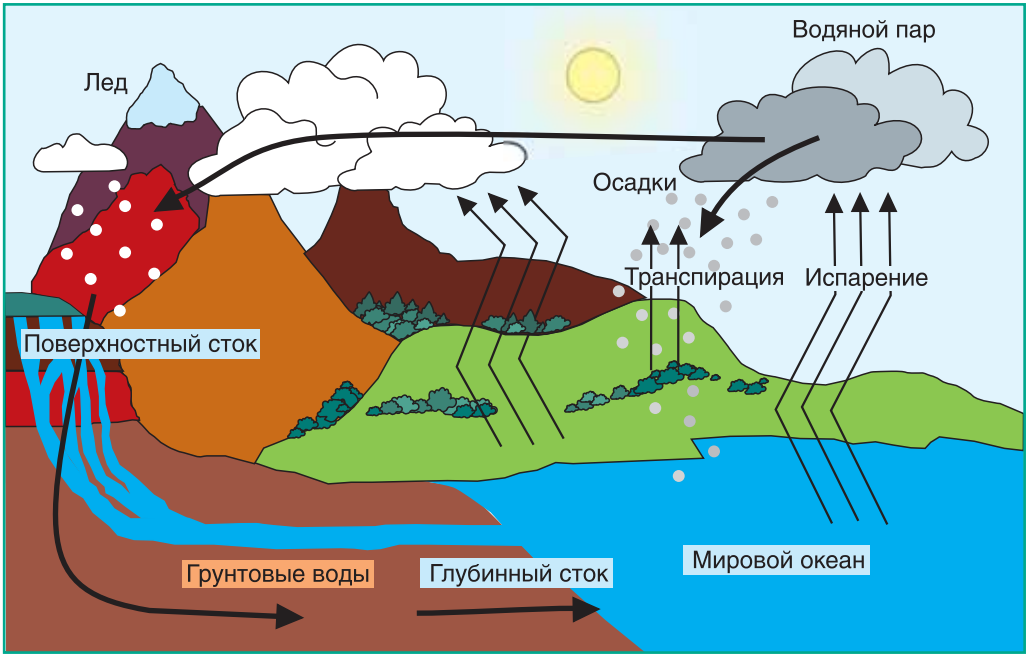


Рис. 94. Круговорот воды

Правообладатель Народная асвета

транспирируют ее в атмосферу. Часть воды в клетках растений расщепляется в процессе фотосинтеза. При этом водород фиксируется в виде органических соединений, а кислород выделяется в атмосферу.

Животные используют воду для поддержания осмотического и солевого равновесия в организме и выделяют ее во внешнюю среду вместе с продуктами обмена веществ.

Круговорот углерода (рис. 95). Углерод как химический элемент присутствует в атмосфере в составе углекислого газа. Это и обусловливает обязательное участие живых организмов в круговороте этого элемента на планете Земля. Основной путь, по которому углерод из неорганических соединений переходит в состав органических веществ, где он является обязательным химическим элементом, — это процесс фотосинтеза. Часть углерода выделяется в атмосферу в

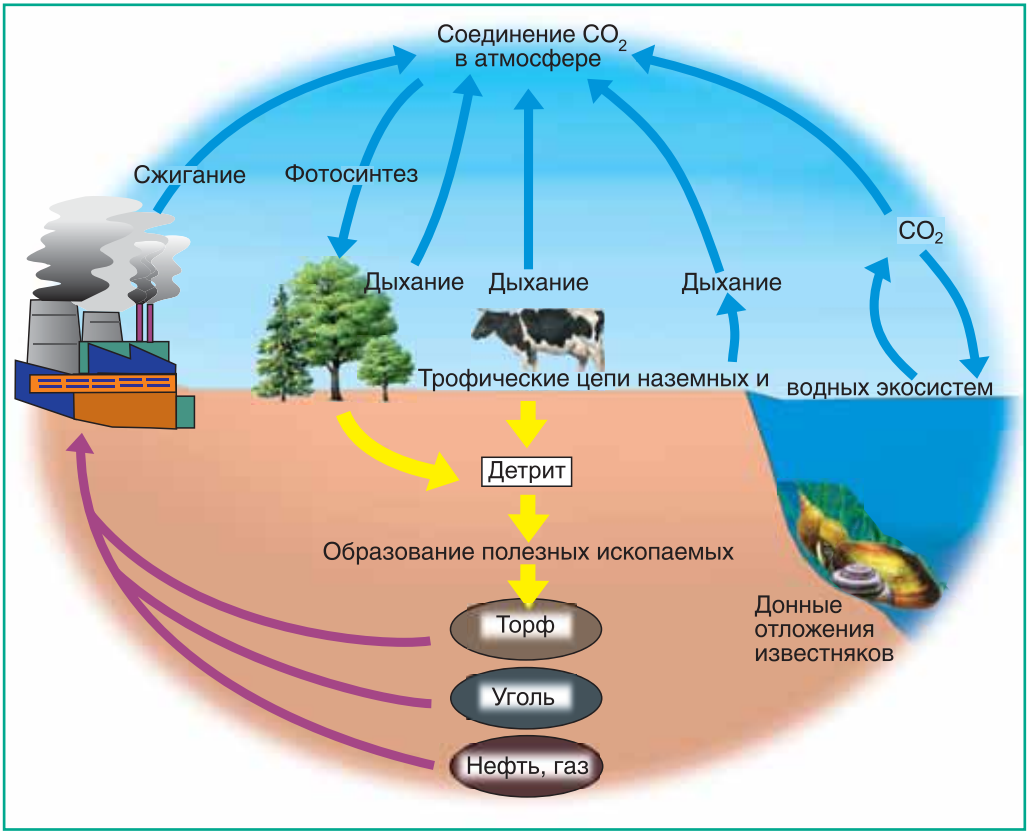


Рис. 95. Круговорот углерода

Правообладатель Народная асвета

составе углекислого газа при дыхании живых организмов и при разложении бактериями мертвого органического вещества. Усвоенный растениями углерод потребляется животными. Кроме того, коралловые полипы, моллюски используют соединения углерода для построения скелетных образований и раковин. После их отмирания и оседания на дне формируются отложения известняков. Таким образом, углерод может исключаться из круговорота. Выведение углерода из круговорота на длительный срок достигается путем формирования полезных ископаемых: каменного угля, нефти, торфа.

На протяжении существования нашей планеты выведенный из круговорота углерод компенсировался углекислым газом, поступающим в атмосферу при вулканических извержениях и в ходе других естественных процессов. В настоящее время к природным процессам пополнения углерода в атмосфере добавилось значительное антропогенное воздействие. Например, при сжигании углеводородного топлива. Это нарушает отрегулированный веками круговорот углерода на Земле.

Увеличение концентрации углекислого газа за столетие всего на 0,01 % привело к заметному проявлению парникового эффекта (см. с. 197). Среднегодовая температура на планете повысилась на 0,5 °С, а уровень Мирового океана поднялся почти на 15 см. По прогнозам ученых, если среднегодовая температура увеличится еще на 3—4 °С, начнется таяние вечных льдов. При этом уровень Мирового океана поднимется на 50—60 см, что приведет к затоплению значительной части суши. Это расценивается как глобальная экологическая катастрофа, ведь на этих территориях проживает около 40 % населения Земли.

Круговорот кислорода. В функционировании биосферы кислород играет исключительно важную роль в процессах обмена веществ и дыхании живых организмов. Уменьшение количества кислорода в атмосфере в результате процессов дыхания, сжигания топлива и гниения компенсируется кислородом, выделяемым растениями при фотосинтезе.

Кислород образовывался в первичной атмосфере Земли при ее остывании. В силу своей высокой реакционной способности он переходил из газообразного состояния в состав различных неорганических соединений (карбонатов, сульфатов, оксидов железа и др.). Сегодняшняя кислородсодержащая атмосфера планеты образовалась исключительно за счет осуществляемого живыми организмами фотосинтеза. Содержание кислорода в атмосфере повышалось до нынешних значений в течение длительного времени. Поддержание его количества на постоянном уровне в настоящее время возможно только благодаря фотосинтезирующим организмам.

К сожалению, в последние десятилетия деятельность человека, приводящая к вырубке лесов, эрозии почв, снижает интенсивность фотосинтеза. А это, в

Правообладатель Народная асвета

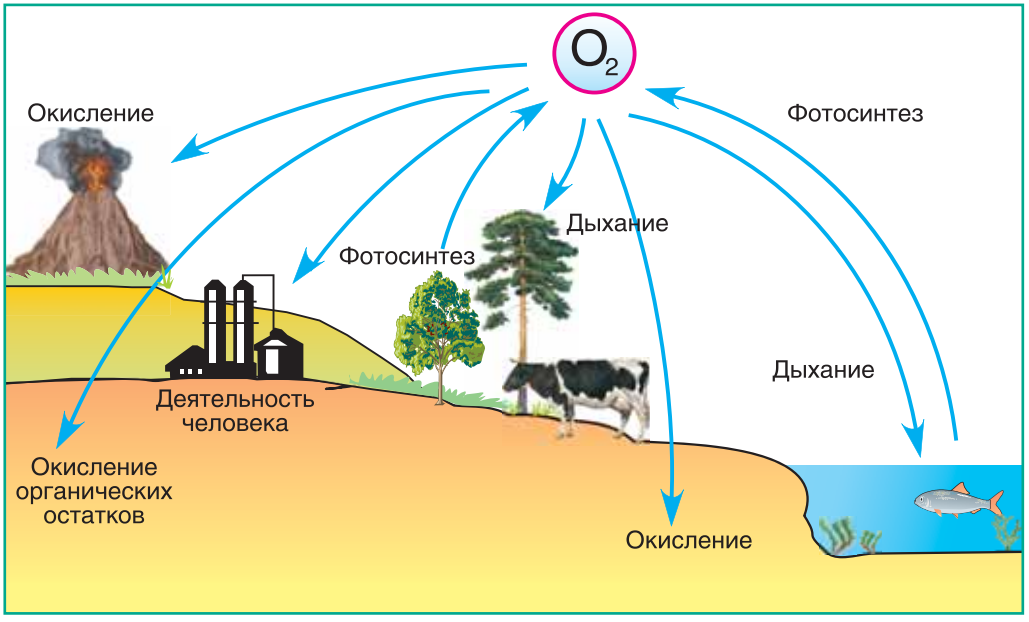


Рис. 96. Круговорот кислорода

свою очередь, нарушает естественный ход круговорота кислорода на значительных территориях Земли (рис. 96).

Небольшая часть кислорода атмосферы участвует в процессах образования и разрушения озонового экрана при действии ультрафиолетового излучения Солнца.

Основой биогенного круговорота веществ является солнечная энергия. Главным условием устойчивого существования биосферы являются постоянно протекающий в биогеоценозах круговорот веществ и поток энергии. В круговоротах азота, углерода и кислорода основная роль принадлежит живым организмам. Основу же глобального круговорота воды в биосфере обеспечивают физические процессы.

1. Что представляет собой круговорот веществ в биосфере? **2.** Проанализируйте, какие условия являются необходимыми для поддержания непрерывности круговорота веществ. **3.** Опишите роль живых организмов в круговороте веществ в биосфере. **4.** Укажите возможные последствия чрезмерного поступления углекислого газа в атмосферу, а также азота в почву и водные экосистемы. **5.** С чем, на ваш взгляд, связано повышенное содержание нитратов в воде колодцев? Ответ обоснуйте.

Правообладатель Народная асвета

§ 48. Основные этапы развития биосферы

Этапы развития (эволюции) биосферы. Современная структура биосферы и границы обитания живых организмов формировались длительное время. Каждый временной промежуток эволюции биосферы характеризуется определенным комплексом экологических факторов и совокупностью живых организмов.

Можно выделить следующие исторические этапы развития (эволюции) биосферы: 1) возникновение и развитие жизни в воде; 2) заселение организмами суши и формирование наземно-воздушной и почвенной сред обитания; 3) появление человека и его эволюция из обычного биологического вида в биосоциальное существо; 4) переход биосферы в ноосферу под влиянием разумной деятельности человека.

Наша планета появилась около 5 млрд лет назад. В то время температура земной поверхности была выше 100 °С, и жизнь на Земле существовать не могла. Снижение температуры способствовало формированию водной оболочки планеты — гидросферы. Масса гидросферы постепенно росла, увеличивалась ее площадь, что создало условия, благоприятные для зарождения жизни. Появление живого вещества в гидросфере способствовало формированию биологического круговорота вещества.

На этом этапе формирования биосферы важная роль принадлежала бактериям с различными способами питания (фото- и хемоавтотрофам, фото- и хемогетеротрофам). Она состояла, прежде всего, в разложении мертвого органического вещества до биогенов, которые возвращались обратно в биологический круговорот. *Деструктивная* функция бактерий позволила поддерживать биомассу органического вещества планеты на постоянном уровне. В то же время древние фотосинтезирующие бактерии (цианобактерии) насыщали гидросферу кислородом. В дальнейшем в результате роста и размножения автотрофов количество кислорода возросло. Он начал выделяться в атмосферу и распространяться в ней. За счет кислорода в верхних слоях атмосферы появился озон.

Примерно 500 млн лет назад концентрация кислорода в атмосфере достигла современных значений. Этот факт вместе с образованием озонового экрана позволил организмам выйти на сушу — началось формирование наземной флоры и фауны. Первые наземные растения (псилофиты и древние мохообразные) путем фотосинтеза образовали первичное органическое вещество суши. Это готовое органическое вещество стало служить пищей гетеротрофным организмам. Так сформировалась наземно-воздушная среда обитания. Таким образом, живые организмы постепенно преобразовывали физико-химические параметры окружающей среды, делая ее благоприятной для существования. В этом заключается еще одна важная функция живого вещества — *средообразующая*.

Правообладатель Народная асвета

В то же время в гидросфере продолжала развиваться жизнь. Здесь она была представлена цианобактериями, красными и зелеными водорослями, а также почти всеми типами животных. Глубоководные организмы, постепенно продвигаясь все глубже ко дну, заселили всю гидросферу.

Последующие этапы эволюции биосферы проходили в направлении бурного развития и распространения жизни на суше. Появились мхи, древовидные плауны, хвощи, папоротники, голосеменные растения, на смену которым пришли покрытосеменные, быстро распространившиеся по всей планете.

Первыми животными суши были пауки и скорпионы. В период около 300 млн лет назад появились первые земноводные. В дальнейшем, приблизительно 150 млн лет назад, массового распространения и процветания достигли пресмыкающиеся: динозавры, древние черепахи и крокодилы. Около 50 млн лет назад появились птицы и млекопитающие.

Биосферная роль животных связана с их гетеротрофным типом питания и способностью к передвижению. Они потребляют органическое вещество, создаваемое растениями, перемещают его на значительные расстояния. Тем самым животные способствуют распространению плодов, семян, спор.

Завоевание суши живыми организмами привело к значительному росту биомассы живого вещества. В настоящий момент, как уже отмечалось, биомасса суши многократно превышает океаническую биомассу.

Венцом современной эволюции биосферы стало появление Человека разумного, которое произошло всего около 50 тыс. лет назад.

В процессе эволюции биосферы некоторые вещества на долгое время исключались из биологического круговорота. Благодаря этому на Земле в разные геологические эпохи сформировались залежи полезных ископаемых в виде нефти, известняков, железных руд и др. Именно эволюция биосферы позволила Земле приобрести свой уникальный облик и стать планетой жизни среди других планет Солнечной системы. А главными факторами эволюции биосферы на рассмотренных этапах стали процессы, связанные с функционированием живого вещества: *синтез, разрушение, круговорот*.

Современный этап эволюции биосферы. Около 50 тыс. лет назад в эволюцию биосферы стал вносить вклад новый фактор — антропогенный, связанный с деятельностью человека. На ранних стадиях цивилизации взаимодействие человека с биосферой носило скорее локальный характер. Оно в первую очередь было связано с удовлетворением насущных потребностей человека в пище и жилье. В Средние века темпы развития общества, промышленности и сельского хозяйства ускорились. Географические открытия позволили заметно расширить освоение природных территорий для человеческих нужд. Человек для удовлетво-

Правообладатель Народная асвета

рения своих потребностей стал все больше использовать живое и минеральное косное вещества.

Еще более глубокие изменения в биосферных процессах начались в XX в. в результате научно-технической революции. Бурными темпами стали развиваться энергетика, транспорт, химическая промышленность. Это привело к тому, что деятельность человека постепенно стала фактором, изменяющим облик Земли. Результатом стало разрушение природных экосистем (озер, болот, лугов), а также вымирание многих видов животных и растений, истощение полезных ископаемых. Кроме того, загрязнение окружающей среды радионуклидами, ядохимикатами, а также промышленными и бытовыми отходами приобрело глобальные масштабы. Все это поставило человечество на грань экологической катастрофы.

Рис. 97. Свалка бытового мусора

Сегодня масштабы влияния человеческой деятельности на эволюцию биосферы стали поистине гигантскими. Большинство действий, порой приводящих к катастрофическим последствиям, совершаются человеком от непонимания природных процессов и явлений, а также их взаимосвязей. Примером может служить загрязнение окружающей среды и интенсивное, неумеренное использование природных ресурсов.

Очень серьезной стала в последние десятилетия проблема бытового мусора, который складируется на свалках (рис. 97) или сбрасывается в воды Мирового океана. Места утилизации отходов представляют опасность, поскольку вредные вещества, растворяясь в воде, загрязняют грунтовые воды и почву. В Тихом океане на сегодняшний день количество бытового мусора по площади в 2 раза превышает континентальную площадь США, а по массе — в 6 раз больше массы планктона.

Французский математик Эдуард Леруа предложил термин — ноосфера. Он назвал ноосферой оболочку биосферы, которая формируется человеческим сознанием. Впоследствии основоположник учения о биосфере В. И. Вернадский расширил данное понятие. По Вернадскому, разумная деятельность человека должна стать ведущим фактором в отношениях общества и природы.

Ноосфера (сфера разума) — высшая стадия развития биосферы, при которой разумная деятельность человечества становится главной движущей силой ее развития.

Правообладатель Народная асвета

Этапы эволюции биосферы характеризовались увеличением разнообразия живых форм и усложнением их организации. Живое вещество, зародившись в океане, распространилось по всей суше. Именно живые организмы позволили Земле приобрести ее уникальный облик и стать планетой жизни среди других планет Солнечной системы. Главными факторами эволюции биосферы на рассмотренных этапах являются процессы, связанные с функционированием живых организмов: синтез, разрушение, круговорот. Высшей стадией развития биосферы, основанной на человеческом разуме, является ноосфера.

1. Проанализируйте основные этапы развития биосферы. Какую роль на каждом из них играли зеленые растения? **2.** Раскройте значение живого вещества биосферы на всех этапах эволюции. **3.** Охарактеризуйте вклад человека в эволюцию биосферы. **4.** Что подразумевал В. И. Вернадский под понятием «ноосфера»? **5.** Существует выражение: «Гибель природы начинается с исчезновения лесов». Как вы думаете, верно ли оно? Ответ обоснуйте с позиции различных этапов эволюции биосферы.

§ 49. Влияние хозяйственной деятельности человека на биосферу

С появлением и совершенствованием человека эволюционные процессы биосферы претерпели существенное изменение. На заре своего появления человек оказывал преимущественно локальное воздействие на окружающую среду. Это выражалось, прежде всего, в удовлетворении минимальных потребностей в еде и жилище. Древние охотники при уменьшении численности промысловых животных переходили охотиться на другие места. Древние земледельцы и скотоводы, если почва истощалась или кормов становилось меньше, осваивали новые земли. Численность населения планеты при этом была небольшой. Практически полностью отсутствовало какое-либо промышленное производство. Незначительное количество образовывавшихся в то время отходов и загрязнений как результата деятельности человека опасности не представляло. Все могло быть утилизировано за счет деструктивной функции живого вещества.

Рост населения планеты, успешное развитие животноводства, земледелия и научно-технический прогресс определили дальнейшее развитие человечества.

Сейчас на Земле проживает более 7 млрд человек, к 2030 г. это число вырастет до 10 млрд, а к 2050 г. — до 12,5 млрд человек. Обеспечение населения Земли продовольствием и энергетическими ресурсами уже сейчас является острой проблемой. Сегодня в странах, где су-

Правообладатель Народная асвета

ществует постоянная нехватка продовольствия, проживает около 70 % населения планеты. Катастрофически быстро сокращаются невозобновляемые природные ресурсы. Например, по прогнозам ученых, человечество в течение ближайших 200 лет израсходует все запасы металлов.

Хозяйственная деятельность человека на современном этапе все чаще демонстрирует отрицательные примеры воздействия на биосферу. К ним относятся: загрязнение окружающей среды, истощение природных ресурсов, опустынивание земель, почвенная эрозия. Также нарушаются природные сообщества, вырубаются леса, исчезают редкие виды растений и животных.

Загрязнение окружающей среды — поступление в среду новых, нехарактерных для нее твердых, жидких и газообразных веществ либо превышение их естественного уровня в окружающей среде, которое оказывает негативное влияние на биосферу.

Загрязнение атмосферы. Чистый воздух необходим для жизни всех живых организмов. Во многих странах проблема сохранения его чистоты относится к государственным приоритетам. Главная причина загрязнения атмосферы состоит в сжигании органического топлива (рис. 98). Безусловно, ему по-прежнему принадлежит ведущая роль в обеспечении энергией всех отраслей экономики. На сегодняшний день растительность планеты уже не в состоянии полностью ассимилировать продукты сгорания жидкого и твердого топлива.

Оксиды углерода (CO и CO_2), поступающие в атмосферу в результате сгорания топлива, являются причиной возникновения парникового эффекта. Оксиды серы (SO_2 и SO_3), образующиеся в результате сгорания топлива, содержащего серу, взаимодействуют в атмосфере с водяными парами. Конечными продуктами такой реакции являются растворы сернистой (H_2SO_3) и серной (H_2SO_4) кислот. Данные кислоты выпадают на поверхность земли с осадками, вызывают подкисление почвы, приводят к заболеваниям человека. В наибольшей степени от кислотных осадков страдают лесные экосистемы, особенно хвойные. У них происходит разрушение хлорофилла, недоразвитие пыльцевых зерен, засыхание и опадение хвои.

Рис. 98. Сжигание топлива — главный источник загрязнения атмосферы

Оксиды азота (NO и NO_2), подвергаясь действию ультрафиолетовых лучей, участвуют в формировании в атмосфере свободных радикалов. Оксиды азота приводят к развитию у человека и

Правообладатель Народная асвета

животных целого ряда патологических состояний. Данные газы, например, раздражают дыхательные пути, вызывают отек легких и др.

Соединения хлора вносят значительный вклад в разрушение озонового слоя планеты. Например, один свободный радикал хлора может разрушить до 100 тыс. молекул озона, что является причиной возникновения озоновых дыр в атмосфере.

Причинами *радиоактивного загрязнения* атмосферы являются аварии на атомных электростанциях (к примеру, на Чернобыльской атомной электростанции в 1986 г.). Вклад в этот процесс также вносят испытания ядерного оружия и неправильная утилизация отходов атомной энергетики. Попавшие в атмосферу радиоактивные частицы рассеиваются на большие расстояния, загрязняя почву, воздух, водоемы.

В качестве источника загрязнения атмосферы следует упомянуть и транспорт. Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания содержат целый спектр загрязнений. Среди них оксиды углерода и азота, сажа, а также тяжелые металлы и соединения, обладающие канцерогенным действием.

Загрязнение гидросферы. Дефицит пресной воды — глобальная экологическая проблема. Наряду с расходованием и нехваткой воды вызывает обеспокоенность растущее загрязнение гидросферы.

Основной причиной загрязнения водной среды является прямой сброс в водные экосистемы отходов промышленности и коммунальных сточных вод (рис. 99). В данном случае с химическими веществами в водную среду поступают и биологические загрязнения (например, болезнетворные бактерии). Когда сбрасываются подогретые сточные воды, происходит физическое (тепловое) загрязнение гидросферы. Такие сбросы снижают количество кислорода в воде, увеличивают токсичность примесей и часто приводят к заморам (гибели водных организмов).

Рис. 99. Прямой сброс сточных вод — серьезная угроза для гидросферы

Загрязнение почвы. В связи с хозяйственной деятельностью человека в почву попадают химические вещества, нарушающие почвообразовательные процессы и снижающие плодородие. Загрязнение почв происходит при чрезмерном применении в сельском хозяйстве минеральных удобрений и пестицидов. Вместе с органическими удобрениями (наво-

Правообладатель Народная асвета

зом) в почву могут проникать биологические загрязнители. Это прежде всего бактерии, яйца паразитических червей. Почва загрязняется также нефтепродуктами, радионуклидами, тяжелыми металлами и др.

Истощение природных ресурсов. *Природные ресурсы* — средства существования людей, которые не создаются их трудом, а находятся в природе. Основная проблема их современного состояния — сокращение количества исчерпаемых и ухудшение качества неисчерпаемых природных ресурсов. Особенно это касается *животных* и *растительных ресурсов*. Разрушение местообитаний, загрязнение окружающей среды, чрезмерное использование природных ресурсов, браконьерство существенно сокращают видовое разнообразие растений и животных.

За время существования человечества вырублено и уничтожено около 70 % лесных угодий. Это стало причиной вымирания видов растений, обитавших в травянистых и кустарничковых ярусах. Они не смогли существовать в условиях прямого солнечного излучения. Вследствие вырубки лесов изменился и животный мир. Виды животных, имевшие тесные связи с древесными ярусами, либо исчезли, либо мигрировали в другие места.

Считается, что с 1600 г. в результате деятельности человека с лица Земли полностью исчезли около 250 видов животных и 1000 видов растений. Под угрозой уничтожения в настоящее время находятся около 1000 видов животных и 25 000 видов растений.

Животные и растительные ресурсы способны к постоянному восстановлению. Если скорость их использования не превышает темпы естественного возобновления, то эти ресурсы могут существовать очень долго. Однако скорость их возобновления различна. Популяции животных могут восстановить свою численность за несколько лет. Леса вырастают за несколько десятков лет. А почвы, утратившие плодородие, восстанавливают его очень медленно — в течение нескольких тысячелетий.

Очень важной ресурсной проблемой планеты является сохранение качества *пресной воды*. Как известно, общие запасы воды на планете неисчерпаемы. Однако на долю пресных вод приходится лишь около 3 % всей гидросферы. Причем только 1 % пресной воды пригоден для непосредственного употребления человеком без предварительной очистки. Примерно 1 млрд людей на Земле не имеют постоянного доступа к пресной питьевой воде. Поэтому человечество должно рассматривать пресную воду как исчерпаемый природный ресурс. Проблема пресной воды с каждым годом обостряется в связи с обмелением рек и озер в результате мелиоративных мероприятий. Возрастает расход воды на нужды сельского хозяйства и промышленности, водоемы загрязняются производственными и бытовыми отходами.

Правообладатель Народная асвета

Нехватка пресной воды и ее плохое качество сказываются и на здоровье людей. Известно, что наиболее опасные инфекционные заболевания (холера, дизентерия и др.) возникают в местах, где затруднен доступ к чистой воде.

Опустынивание — совокупность процессов, которые приводят к утрате природным сообществом сплошного растительного покрова с невозможностью его восстановления без участия человека. Причинами опустынивания являются преимущественно антропогенные факторы. Это вырубка лесов, нерациональное использование водных ресурсов при орошении земель и др. Например, чрезмерная вырубка древесной горной растительности становится причиной стихийных бедствий — селей, оползней, снежных лавин. Приводить к опустыниванию может и чрезмерная нагрузка на пастбища при увеличении масштабов животноводства. Растительный покров, выедаемый животными, не успевает восстанавливаться, и почва подвергается различным видам эрозии.

Эрозия почвы — разрушение плодородного слоя почвы под действием ветра и воды.

Эрозия почв происходит из-за массового включения человеком в активное землепользование все новых и новых земель.

В наибольшей степени опустынивание характерно для районов с засушливым климатом (пустыни, полупустыни) — стран Африки и Азии (особенно Китая).

Сегодня данная проблема носит межнациональный характер. Поэтому ООН была принята Международная конвенция по борьбе с опустыниванием, которую подписали почти 200 государств.

Основными последствиями хозяйственной деятельности человека стали загрязнение окружающей среды, истощение природных ресурсов и опустынивание земель. Предотвращение губительного влияния антропогенного фактора на биосферу является сегодня важной общечеловеческой проблемой, в решении которой должен участвовать каждый житель Земли.

1. Охарактеризуйте основные направления антропогенного воздействия, вызывающего загрязнение окружающей среды. **2.** Проанализируйте современное состояние природных ресурсов. Чем, на ваш взгляд, оно вызвано? **3.** Что является главными причинами, приводящими к деградации почвенного покрова и опустыниванию земель? **4.** Какие мероприятия по повышению плодородия почв проводятся в вашей местности? **5.** Для борьбы с вредителями леса — гусеницами листовертки-почкоеда елового применили пестицид, который быстро разлагался и не вредил природе. В результате лесные насаждения были спасены. Тем не менее это привело к серьезным экологическим последствиям. Подумайте к каким.

Правообладатель Народная асвета

§ 50. Угроза экологических катастроф и их предупреждение

Масштабы нарушений биосферы (локальные, региональные, глобальные). Воздействие человека на биосферу давно перестало быть локальным и является фактором, носящим региональный и даже глобальный характер. Принято считать, что с середины XX в. биосфера вошла в состояние глобального экологического кризиса. Сейчас уже стало ясно, что преодоление экологического кризиса без участия разумной деятельности человека невозможно.

Экологический кризис — несоответствие растущих масштабов деятельности человека для удовлетворения своих жизненных потребностей восстановительным возможностям природы.

Локальные воздействия на природу сегодня можно отметить практически повсеместно. Например, это растущие свалки мусора вокруг крупных городов. Это сброс промышленных и бытовых сточных вод в водоемы, загрязнение сельскохозяйственных земель ядохимикатами и др. Отдельно стоит упомянуть загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. Чаще всего это происходит во время добычи и транспортировки, а также в результате аварийных ситуаций. Благодаря переносу загрязнений поверхностным стоком и воздушными массами масштабы антропогенного влияния стали носить глобальный характер.

В апреле 2010 г. вблизи берегов Майами (США) произошла крупнейшая авария на одной из нефтяных платформ. В результате в непосредственной близости от береговой линии в океан вылилось более 10 млн т нефти и образовалось огромное нефтяное пятно площадью более 10 тыс. км^2 (рис. 100). По мнению экологов, эта авария является экологической катастрофой, последствия которой природа будет ощущать на себе еще долгие годы. Погибнут уникальные виды рыб, обитающие в Мексиканском заливе, дельфины, морские птицы и черепахи.

Рис. 100. Последствия аварии в Мексиканском заливе

Правообладатель Народная асвета

Многие страны давно столкнулись с антропогенной деградацией наземных экосистем. Человек, расширяя места своего обитания, вторгается в природные сообщества, уничтожая лесные экосистемы целых регионов. Например, сегодня под угрозой исчезновения находятся тропические леса Бразилии и стран, по территории которых протекает Амазонка. Вместе с лесами может погибнуть или сильно пострадать все биологическое разнообразие фауны.

Примером отрицательного воздействия человека на природу является химическое и радиоактивное загрязнение бассейна Балтийского моря. Сегодня реализуется немало как образовательных, так и технологических проектов по предотвращению этого. Большинство из проектов направлены на создание новых систем очистки сточных вод. Республика Беларусь является полноправным участником данных проектов, так как по ее территории протекает река Неман, входящая в бассейн Балтийского моря.

В последние десятилетия серьезной региональной проблемой стали радиоактивные вещества. Аварии на Чернобыльской АЭС и на атомной электростанции Фукусима-1 (Япония) привели к загрязнению радионуклидами огромных территорий планеты. Опасность представляют также испытания ядерного оружия на полигонах и радиоактивные отходы, захороненные в океанических глубинах. Как видно, имея региональное происхождение, проблемы радиоактивного загрязнения окружающей среды по своей значимости глобальны. Особенно это касается ядерного оружия, применение которого может привести к полному уничтожению жизни на Земле.

Радиоактивные вещества включаются в биологический круговорот веществ. По цепям питания они попадают в живые организмы и оказывают на них губительное воздействие. В этой связи очень опасен стронций (^{90}Sr). Этот радиоактивный элемент, замещая кальций в костях скелета, является источником облучения всего организма.

Антропогенные воздействия глобального масштаба на биосферу Земли проявляются прежде всего в виде химического загрязнения. Следствием загрязнения атмосферы фреонами стало разрушение защитного озонового экрана. Миллионы тонн углекислого газа ежеминутно поступают в атмосферу в результате сжигания угля и нефти, вызывая парниковый эффект. Перечисленные глобальные проблемы затрагивают все регионы планеты. Поэтому во избежание еще более глубоких экологических последствий необходимо объединение всей мировой общественности для их предотвращения.

В последние годы на территорию Беларуси проник целый ряд видов живых организмов, которые являются чужеродными для фауны и флоры нашей страны. Это связано с глобальным потеплением климата и увеличением транспортных потоков между странами. В настоящее время инвазии чужеродных видов признаны глобальной экологической проблемой. Например, по

Правообладатель Народная асвета

всей территории нашей страны массовое распространение получил борщевик Сосновского. Это растение вытесняет из растительных сообществ большинство местных видов, а у людей вызывает контактные дерматиты. Это серьезная угроза экологической безопасности страны, здоровью населения, биологическому разнообразию.

Экологические катастрофы и их предупреждение. Развившийся в наши дни экологический кризис поставил под угрозу существование человека. Ученые считают, что угроза экологической катастрофы близка как никогда. К основным ее составляющим относят: кризис природных ресурсов, различные природные катаклизмы, а также загрязнение окружающей среды с последствиями, опасными для здоровья человека и всех живых организмов планеты.

В последнее десятилетие медики отмечают существенный рост заболеваемости аллергией и бронхиальной астмой. Ученые напрямую связывают данные факты с экологической обстановкой конкретных регионов. Например, установлено, что отходы, содержащие кадмий, хром, асбест, помимо аллергических свойств, могут вызывать онкологические заболевания. Кроме того, загрязнением окружающей среды обусловлено появление специфических, ранее неизвестных болезней. Например, болезнь итай-итай связана с загрязнением окружающей среды кадмием, который накапливается в костной ткани человека и делает кости скелета крайне хрупкими. При этом переломы могут возникать даже от незначительного соприкосновения.

Возможность развития глобальной экологической катастрофы заставила человечество серьезно задуматься о дальнейших перспективах развития цивилизации. В связи с этим в 1970-е годы была создана Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) (рис. 101). Членом данной Программы наряду с еще 170 странами является и Беларусь. Были сформированы Всемирная комиссия ООН по окружающей среде, Центр срочной экологической помощи ООН и другие организации. Перечисленные всемирные экологические организации проводят огромную работу в области охраны окружающей среды. Организацией Объединенных Наций были выделены три глобальные экологические проблемы современности. Эти проблемы должны быть решены в первую очередь, чтобы предотвратить экологическую катастрофу мирового масштаба. Речь идет об изменении климата,

Рис. 101. Логотип ЮНЕП — Программы ООН по окружающей среде

Правообладатель Народная асвета

опустынивании и деградации земель, а также об утрате биологического разнообразия. Под эгидой ООН по трем перечисленным направлениям были приняты международные конвенции, подписанные практически всеми странами мира.

В рамках Конвенции ООН об изменении климата более 180 стран подписали в 1997 г. так называемый Киотский протокол. Этот документ был принят с целью предотвращения развития парникового эффекта. Он стал первым глобальным соглашением об охране окружающей среды. Суть этого протокола состоит в регулировании выбросов в атмосферу парниковых газов (прежде всего, углекислого газа).

Безусловно, между потребностями человека и возможностями окружающей среды необходим устойчивый баланс. Только гармоничные отношения совместно с экологическим осознанием человеком природы смогут обеспечить дальнейшее устойчивое развитие нашей цивилизации.

Концепция устойчивого развития впервые была провозглашена ООН в 1992 г. как идея преодоления глобального экологического кризиса. Она подразумевает такое развитие цивилизации, при котором деятельность человека будет максимально согласована с законами природы. В новом обществе главным измерением человеческого богатства должны стать духовные ценности и знания человека. Все более важными будут не материальные блага, а естественные вещи: чистые воздух и вода, здоровье самих людей и природы.

Ведущая предпосылка устойчивого развития, которая является главной составляющей всей Концепции, — это всеобщая ответственность. Всеобщая ответственность складывается из чувства личной ответственности каждого человека за свое место на планете, а также за последствия своей деятельности не только в месте проживания, но и в глобальном масштабе.

Необходимо понимать, что устойчивое развитие — это творческий процесс достижения гармонии во всех сферах развития взаимоотношений человека и природы. Реализация его должна начинаться уже со школьной скамьи.

В настоящее время биосфера находится в состоянии глобального экологического кризиса. Основными его составляющими являются: кризис природных ресурсов, различные природные катаклизмы, загрязнение окружающей среды с последствиями, опасными для здоровья человека и живых организмов планеты. Только баланс между потребностями людей и возможностями природы, а также чувство личной ответственности каждого человека за состояние окружающей среды обеспечат устойчивое развитие нашей цивилизации.

Правообладатель Народная асвета

1. Проанализируйте, в чем состоят причины современного экологического кризиса. **2.** Какие последствия человеческой деятельности являются наиболее опасными в развитии экологических катастроф? **3.** Раскройте суть Концепции устойчивого развития. Какие экологические проблемы должна решить данная Концепция? **4.** В южной части Тихого океана недалеко от берегов Чили расположен остров Пасхи. Некогда это был процветающий остров с богатой флорой и фауной. Основным промыслом местных жителей была рыбная ловля. В настоящий момент на острове экологическая катастрофа, связанная с опустыниванием и деградацией почвенного покрова. Обоснуйте цепочку событий, которые могли привести к данным последствиям.

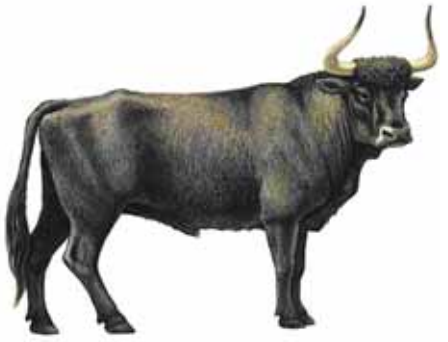
§ 51. Заповедное дело и охрана природы

Охрана природы — совокупность международных, государственных и региональных мероприятий для сохранения, рационального использования и воспроизводства природы Земли. Данная деятельность реализуется в интересах ныне живущего и будущих поколений людей. Основной задачей природоохранной деятельности является сохранение видового разнообразия и генофонда флоры и фауны планеты. Кроме того, очень важно сохранить почвенный покров Земли от деградации и опустынивания и атмосферный воздух — от загрязнения.

Основу биологического разнообразия Республики Беларусь составляют 11,5 тыс. видов растений и более 30 тыс. видов животных. Из них на долю высших растений приходится около 2 тыс. видов, а на долю позвоночных животных порядка 450 видов. Из позвоночных животных наибольшим видовым разнообразием отличаются птицы — свыше 300 видов (рис. 102).

Рис. 102. Белые и черные аисты — символ и гордость Беларуси

Правообладатель Народная асвета



Дикий бык тур

Лесная лошадь тарпан

Рис. 103. Вымершие животные

Под влиянием деятельности человека за последние восемь столетий с территории Беларуси исчезло около 250 видов животных. Среди них: дикий бык тур, лесная лошадь тарпан, которые являются полностью вымершими на планете (рис. 103). За этот же период флора Беларуси потеряла около 50 видов высших растений.

Наличие в нашей стране целого ряда значительных по территории и уникальных по набору экологических факторов биотопов определяет значение Беларуси в сохранении биоразнообразия Европы в целом. Это и обводненные поймы рек, и низинные и верховые болота, и пойменные дубравы, и березняки.

В настоящее время в Беларуси гнездится до 60 % мировой популяции вертлявой камышовки, а также около 50 % популяций малого подорлика и погоныша, обитающих на территории Европы. Водные экосистемы нашей страны играют важную роль в период миграций водно-болотных птиц. Например, в пойме Припяти во время весенних миграций останавливается на кормежку более 80 тыс. особей разных видов гусей и уток.

Заповедное дело в Беларуси берет начало 30 января 1925 г. Этой датой ознаменовано появление первого в стране Березинского заповедника. Цель его создания заключалась в охране и размножении ценных видов диких животных, в частности речных бобров. Сейчас на территории нашей страны зафиксировано более 1200 особо охраняемых природных территорий. Их общая площадь составляет примерно 1600 тыс. га. Это около 8 % всей площади нашей страны.

Охраняемые природные территории и объекты. В настоящее время охраняемыми природными территориями являются заповедники, национальные парки, заказники, резерваты, а охраняемыми природными объектами — памятники природы.

Правообладатель Народная асвета

Заповедники — особо охраняемые государством территории, полностью исключенные из хозяйственной деятельности человека.

Целью создания заповедников является сохранение в нетронутом виде естественных природных сообществ. Это также охрана растений, животных и наблюдение за процессами, происходящими на территории заповедников.

Заповедные территории, которые являются эталонами биосферы, принято называть биосферными заповедниками. На уровне биосферных заповедников организуется глобальная система мониторинга (наблюдений) окружающей среды.

Березинский биосферный заповедник — это уникальный природный комплекс (рис. 104). Нигде в Европе на столь небольшой территории нет таких обширных и разнообразных по растительности болотных экосистем. В Березинском заповеднике произрастает более 2 тыс. видов растений и обитает более 3,5 тыс. видов животных. Из них около 200 видов занесены в Красную книгу Республики Беларусь. Очень важна роль заповедника в сохранении белорусской популяции бурого медведя. Здесь обитает около 40 особей этого редкого вида животных. Вдоль русла Березины располагаются крупнейшие в Европе и уникальные для севера Беларуси широколиственные леса из дуба, ясеня, клена, черной ольхи.

Полесский государственный радиационно-экологический заповедник расположен на территории, наиболее пострадавшей от аварии на Чернобыльской АЭС. Он был создан в 1988 г. с целью наблюдений за радиобиологическими и экологическими последствиями аварии. Эта заповедная территория по-своему уникальна. Здесь в условиях минимального вмешательства человека ведутся на-

Рис. 104. Березинский биосферный заповедник — старейший в Беларуси

Правообладатель Народная асвета

блюдения за развитием дикой природы в условиях радиоактивного загрязнения. Сегодня ученые заповедника проводят здесь регулярный мониторинг радиоактивного загрязнением территорий, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС. В заповеднике также изучаются способы восстановления почв Беларуси, которые оказались загрязненными радионуклидами.

Национальные парки — обширные охраняемые участки территории, на которых расположены природные комплексы, представляющие историческую, экологическую и культурную ценность.

В национальных парках выделяют зоны с заповедным режимом и зоны с характером заказника, где допускается присутствие человека. Это туристические маршруты и рекреационные (используемые для оздоровления и отдыха) территории. Первый в мире национальный парк — Йеллоустонский — был создан в США в 1872 г. Его площадь около 1 млн га. В Республике Беларусь в настоящее время действуют 4 национальных парка.

Национальный парк Беловежская пуща является уникальным природным комплексом Беларуси. Беловежская пуща — одна из старейших охраняемых территорий в мире. В 2009 г. ей исполнилось 600 лет. Беловежская пуща — крупнейший массив древних лесов Европы. Их средний возраст более 100 лет, а на некоторых участках доходит до 250—350 лет. По числу видов растений и животных Беловежская пуща не имеет себе равных в Европе. Гордостью пущи являются зубры (рис. 105). Здесь обитает самая большая в мире популяция этих

Рис. 105. Зубры — гордость и величие Беловежской пущи

Правообладатель Народная асвета

животных. В белорусской части пущи их около 230. Флора и фауна Беловежской пущи представлены большим количеством редких видов растений и животных, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь. В 1992 г. решением ЮНЕСКО Национальный парк Беловежская пуща был включен в Список мирового наследия человечества.

Рис. 106. Национальный парк Браславские озера

Национальный парк Браславские озера — яркое свидетельство того, почему нашу страну называют синеокой. Здесь на сравнительно небольшой территории находится более 30 озер (рис. 106). В парке обитают около 200 видов птиц. В том числе редкие виды: черный аист, серый журавль, сизая чайка, белая куропатка и др. Для Браславских озер характерно большое разнообразие видов рыб: линь, снеток, ряпушка, угорь и др.

Национальный парк Припятский славится богатым видовым разнообразием орнитофауны (птиц). Эта особенность позволила ему получить международный статус ключевой орнитологической территории (рис. 107). В парке

Рис. 107. Ландшафты Национального парка Припятский

Правообладатель Народная асвета

Рис. 108. Национальный парк Нарочанский

гнездятся находящиеся под глобальной угрозой исчезновения (европейский статус охраны) большой подорлик и коростель. Отмечено гнездование редкой для Беларуси птицы — большой белой цапли.

Национальный парк Нарочанский был создан в 1998 г. (рис. 108). Целью его создания было, во-первых, сохранение природных комплексов лесов и лугов, прилегающих к озеру Нарочь. Во-вторых, требовалось более полное и эффективное использование рекреационных ресурсов данного озера. На территории национального парка постоянно обитает около 50 видов млекопитающих и гнездится около 180 видов птиц. Ихтиофауна представлена более чем 30 видами рыб. Особую фаунистическую ценность представляют редкие и охраняемые в Беларуси виды: барсук, чернозобая гагара, скопа и др.

Заказники — участки охраняемой природной территории, на которой постоянно или временно запрещены отдельные виды хозяйственной деятельности человека. К ним относят рыболовство, охоту, сенокос. Под охраной в заказниках находится не весь природный комплекс, а только некоторые его элементы. Например, отдельные виды растений, животных, исторические или геологические объекты. По состоянию на начало 2014 г. на территории Республики Беларусь действовало 85 заказников республиканского и 249 заказников местного значения.

Среди заказников республиканского значения особо выделяется *Свитязянский ландшафтный заказник*. Его жемчужиной является кристально чистое озеро Свитязь, воспетое еще Адамом Мицкевичем в балладе про исчезнувший город. Это древнее озеро, его возраст более 10 тыс. лет. Озеру Свитязь присвоен статус памятника природы республиканского значения.

Резерваты — небольшие природные территории, созданные для охраны одного из элементов природного комплекса. Примерами резерватов могут быть озера, участки речных долин, побережий.

Правообладатель Народная асвета

В 2011 г. в Беларуси был создан первый международный биосферный резерват «Западное Полесье». Белорусская часть резервата находится в бассейне реки Западный Буг в западной части Белорусского Полесья. Резерват является единственной равнинной территорией Европы, охрану которой осуществляют одновременно три государства (Беларусь, Украина, Польша). Данная местность малонаселена, на ней практически отсутствуют промышленные предприятия. Все это является хорошей предпосылкой для природоохранной деятельности. Здесь возможно выпускать экологически чистые продукты питания и оздоравливать население.

Памятники природы — отдельные охраняемые природные объекты живой и неживой природы, уникальные в научном, культурном, историко-мемориальном и эстетическом отношении. В Беларуси насчитывается около 900 памятников природы.

Например, статус ботанических памятников природы присвоен Центральному ботаническому саду Национальной академии наук Республики Беларусь в Минске, Мирскому парку в Гродненской области и отдельным редким, причудливой формы растениям или деревьям-великанам. Геологическими памятниками природы являются вековые камни-валуны. Они встречаются в различных регионах страны. К примеру, валун «Князь-камень» в Борисовском районе Минской области, «Камень-богатырь» в Дятловском районе Гродненской области и др.

Красная книга — уникальный список редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений, грибов, лишайников и протистов.

История Красных книг началась в Париже в 1902 г. Именно здесь ряд стран подписали первую в своем роде Красную книгу — Международную конвенцию по охране птиц. Основной целью этой конвенции было создание мирового списка видов птиц, которым грозит исчезновение. Для того чтобы подчеркнуть особую значимость этого списка, было предложено назвать его Красной книгой. Большую работу по созданию Международной Красной книги проводит Международный союз охраны природы (МСОП). Благодаря усилиям МСОП в 1963 г. появилось первое издание Международной Красной книги. В последнем издании этой книги упоминаются 47 677 видов мировой флоры и фауны. Треть из них находятся на грани исчезновения.

Рис. 109. Красная книга Республики Беларусь

Одной из мер охраны природы в Беларуси является создание *Красной книги Республики Беларусь* (рис. 109). Основная ее задача состоит в привлечении внимания общественности к видам живых организмов, подверженным наибольшему риску исчезновения. Красная книга

Правообладатель Народная асвета

Республики Беларусь содержит информацию о редких и исчезающих видах живых организмов. В книге приводятся данные о биологии, местах распространения редких видов на территории страны и определяется перечень мероприятий по их охране.

Основные направления природоохранной деятельности в Республике Беларусь реализуются через развитие системы особо охраняемых территорий (заповедников, заказников, национальных парков и др.), создание Красной книги, экологическое образование и воспитание подрастающего поколения. В Республике Беларусь в настоящее время действуют 2 заповедника, 4 национальных парка, 85 заказников республиканского и 249 заказников местного значения.

1. Охарактеризуйте основные виды природоохранной деятельности. **2.** Какой из видов природоохранной деятельности, на ваш взгляд, является наиболее действенным? **3.** Проанализируйте, какой вклад в охрану природы могут и должны вносить учащиеся школ. **4.** Составьте красную тетрадь той местности, где вы живете. Включите в нее охраняемые (занесенные в Красную книгу Республики Беларусь) и редкие для вашего региона виды. **5.** Скопа занесена в Красную книгу Республики Беларусь и имеет II категорию охраны. Гнездится она повсеместно, выбирая мелководные акватории с изобилием рыбы. Скопа является типичным стенотрофным организмом — ее рацион на 98 % состоит из рыбы. Используя данную информацию, определите, что может угрожать численности данной птицы. Предложите мероприятия по сохранению популяции скопы в Беларуси.

§ 52. Рациональное природопользование

Понятие рационального природопользования. ***Рациональное природопользование*** — тип взаимоотношений человека с окружающей средой, при котором люди способны разумно осваивать природные ресурсы и предупреждать негативные последствия своей деятельности. Примером рационального природопользования служит создание культурных ландшафтов, применение малоотходных и безотходных технологий. К рациональному природопользованию относят внедрение биологических методов борьбы с вредителями сельского хозяйства. Рациональным природопользованием также можно считать создание экологически чистых видов топлива, совершенствование технологий добычи и транспортировки природного сырья и др.

В нашей стране осуществление рационального природопользования контролируется на государственном уровне. С этой целью принят ряд природоохранных законов. Среди них законы «Об охране и использовании животного мира», «Об обращении с отходами», «Об охране атмосферного воздуха».

Правообладатель Народная асвета

Создание малоотходных и безотходных технологий. ***Малоотходные технологии*** — производственные процессы, которые обеспечивают максимально полное использование перерабатываемого сырья и образующихся отходов. При этом в окружающую среду возвращаются вещества в относительно безвредных количествах.

Частью глобальной проблемы утилизации твердых бытовых отходов является проблема переработки вторичного полимерного сырья (особенно пластиковых бутылок). В Беларуси их ежемесячно выбрасывается порядка 20—30 млн штук. На сегодняшний день отечественными учеными разработана и применяется собственная технология, позволяющая перерабатывать пластиковые бутылки в волокнистые материалы. Они служат фильтрами для очистки загрязненных сточных вод от горюче-смазочных материалов, а также находят широкое применение на автозаправочных станциях. Фильтры, изготовленные из вторичного сырья, по своим физико-химическим показателям не уступают аналогам, сделанным из первичных полимеров. К тому же их стоимость в несколько раз ниже. Кроме того, из полученного волокна изготавливают щетки машинных моек, упаковочную ленту, черепицу, тротуарную плитку и др.

Разработка и внедрение малоотходных технологий диктуется интересами природоохранной деятельности и является шагом к разработке безотходных технологий. ***Безотходные технологии*** подразумевают полный переход производства к замкнутому ресурсному циклу без какого-либо воздействия на окружающую среду.

Начиная с 2012 г. в СПК «Рассвет» (Могилевская область) запущена крупнейшая в Беларуси биогазовая установка. Она позволяет перерабатывать органические отходы (навоз, помет птиц, бытовые отходы и т. д.). После переработки получают газообразное топливо — биогаз. Благодаря биогазу хозяйство может полностью отказаться от обогрева теплиц в зимний период дорогостоящим природным газом. Кроме биогаза, из отходов производства получают и экологически чистые органические удобрения. Данные удобрения лишены патогенной микрофлоры, семян сорняков, нитритов и нитратов.

Другим примером безотходной технологии может служить производство сыров на большинстве молочных предприятий Беларуси. В данном случае получаемая от производства сыра обезжиренная и лишенная белков сыворотка полностью используется как сырье для хлебопекарной промышленности.

Внедрение малоотходных и безотходных технологий предполагает также переход к следующему шагу в рациональном природопользовании. Это использование нетрадиционных, экологически чистых и неисчерпаемых природных ресурсов.

Для экономики нашей республики использование ветра как альтернативного источника энергии особенно актуально. На территории Новогрудского района Гродненской области успешно работает ветроэнергетическая установка мощностью 1,5 мВт. Этой мощности вполне достаточно для обеспечения электричеством города Новогрудка, в котором живет более 30 тыс. жи-

Правообладатель Народная асвета

Рис. 110 Ветропарк — пример использования нетрадиционного энергетического ресурса

телей. В ближайшее время в республике появится более 10 ветропарков (рис. 110) с мощностью более 400 мВт.

Более пяти лет на тепличном комбинате «Берестье» (г. Брест) в Беларуси эксплуатируется геотермальная станция, которая в процессе работы не выбрасывает в атмосферу углекислый газ, оксиды серы и сажу. В то же время данный вид энергии снижает зависимость страны от импортных энергоносителей. Белорусские ученые подсчитали, что благодаря извлечению из недр земли теплой воды экономия природного газа составляет около 1 млн $м^3$ в год.

Пути экологизации сельского хозяйства и транспорта. Принципы рационального природопользования, помимо промышленности, реализуются и в других сферах хозяйственной деятельности человека. В сельском хозяйстве крайне важно внедрение биологических методов борьбы с вредителями растений взамен химических средств — пестицидов. Например, божья коровка является хорошей биологической защитой от тлей и их личинок для древесных и травянистых растений. Численность гусениц некоторых видов вредителей можно контролировать при помощи паразитических перепончатокрылых. Например, наездники откладывают в них оплодотворенные яйца. Трихограмму в Беларуси применяют для борь-

Правообладатель Народная асвета

бы с яблонной плодожоркой и капустной совкой. Жужелицы красотелы, питаясь гусеницами пядениц и шелкопрядов, являются защитниками леса.

Разработка экологически чистых видов топлива для транспорта не менее важна, чем создание новых автомобильных технологий. Сегодня известно немало примеров, когда в качестве топлива в транспортных средствах используется спирт и водород. К сожалению, массового распространения данные виды топлива пока не получили из-за низкой экономической эффективности их использования. В то же время все шире стали использоваться так называемые гибридные автомобили. Наряду с двигателем внутреннего сгорания они имеют и электродвигатель, который предназначается для передвижения в пределах городов.

В настоящее время в Беларуси работают три предприятия, выпускающие биодизельное топливо для двигателей внутреннего сгорания. Это ОАО «Гродно Азот» (г. Гродно), ОАО «Могилевхимволокно» (г. Могилев), ОАО «Белшина» (г. Бобруйск). Эти предприятия производят около 800 тыс. т биодизельного топлива в год, большая часть которого экспортируется. Белорусское биодизельное топливо представляет собой смесь нефтяного дизельного топлива и биокомпонента на основе рапсового масла и метанола в соотношении 95 % и 5 % соответственно. Данное топливо позволяет снизить выбросы углекислого газа в атмосферу по сравнению с обычным дизельным топливом. Ученые установили, что производство биодизельного топлива позволило нашей стране сократить закупку нефти на 300 тыс. т в год.

Известно также, что солнечные батареи используются в качестве источника энергии для транспорта. В июле 2015 г. швейцарский пилотируемый самолет, оснащенный солнечными батареями, впервые в мире провел в беспосадочном полете более 115 ч. При этом он достиг высоты около 8,5 км, используя во время полета исключительно солнечную энергию.

Сохранение генофонда. Виды живых организмов планеты уникальны. В них сохраняется информация обо всех этапах эволюции биосферы, что имеет практическое и большое познавательное значение. В природе нет бесполезных или вредных видов, все они необходимы для устойчивого развития биосферы. Любой исчезнувший вид никогда больше не появится на Земле. Поэтому в условиях повышенного антропогенного воздействия на окружающую среду крайне важно сохранить генофонд существующих видов планеты. В Республике Беларусь для этой цели разработана следующая система мероприятий:

- создание природоохранных территорий — заповедников, национальных парков, заказников и т. д.;
- разработка системы наблюдения за состоянием окружающей среды — экологического мониторинга;

Правообладатель Народная асвета

• разработка и принятие природоохранных законов, предусматривающих различные формы ответственности за негативное воздействие на окружающую среду. Ответственность касается загрязнения биосферы, нарушения режима заповедных территорий, браконьерства, негуманного обращения с животными и др.;

• разведение редких и находящихся на грани исчезновения растений и животных. Переселение их на охраняемые территории или в новые благоприятные места обитания;

• создание генетического банка данных (семян растений, половых и соматических клеток животных, растений, спор грибов, способных к воспроизведению в будущем). Это актуально для сохранения ценных сортов растений и пород животных или находящихся под угрозой исчезновения видов;

• проведение регулярной работы по экологическому образованию и воспитанию всего населения, и в особенности подрастающего поколения.

Рациональное природопользование — тип взаимоотношений человека с окружающей средой, при котором человек способен разумно осваивать природные ресурсы и предупреждать негативные последствия своей деятельности. Примером рационального природопользования является использование малоотходных и безотходных технологий в промышленности, а также экологизация всех сфер хозяйственной деятельности человека.

1. Объясните понятие «рациональное природопользование». **2.** Раскройте суть малоотходных и безотходных технологий. Приведите примеры их применения в вашем регионе. **3.** В чем, на ваш взгляд, заключается смысл фразы «Транспортная система может быть экологически чистой лишь в той мере, в какой чисты ее источники энергии»? Ответ поясните на конкретных примерах. **4.** Охарактеризуйте направления работ, проводимых в Беларуси для сохранения биоразнообразия и генофонда живой природы. **5.** В нашей стране в последнее время распространена сортировка мусора. Обоснуйте смысл данного мероприятия с позиции рационального природопользования и устойчивого развития.

Правообладатель Народная асвета

Решение задач на составление и анализ цепей питания*

Задача 1 (I). За месяц лягушка на лугу съела листогрызущих насекомых общей массой 200 г. Чему равна масса (в кг) всего рациона лягушки за лето, если данный вид корма составлял в нем 25 %?

Решение

1. Составим пастбищную цепь питания, исходя из того, кто кем питается:

$$\underset{200\ \text{г}}{\text{листогрызущие насекомые}} \longrightarrow \underset{25\ \%\ \text{от рациона}}{\text{лягушка}}$$

2. Зная массу съеденных лягушкой за месяц листогрызущих насекомых и их процент от общего рациона, составим пропорцию и определим общий рацион лягушки за месяц:

$$200\ \text{г} — 25\ \%$$
$$x\ \text{г} — 100\ \%$$
$$x = 200 \cdot 100 : 25 = 800\ \text{г}.$$

3. Общий рацион лягушки за месяц равен 800 г. Чтобы узнать, чему равна масса всего рациона лягушки за лето, надо полученную величину умножить на 3 (месяца):

$$800\ \text{г} \cdot 3 = 2400\ \text{г} = 2{,}4\ \text{кг}.$$

Ответ: масса рациона лягушки за лето равна 2,4 кг.

Задача 2 (II). На пшеничном поле обитает популяция мышей полевок. Средняя масса одной полевки составляет 25 г. В течение лета семья беркутов отловила 80 полевок. Какое количество добытого корма было расходовано на выкармливание птенцов, если 40 % массы потребляли взрослые птицы?

Решение

1. Составим пастбищную цепь питания, исходя из того, кто кем питается:

$$\underset{1\ \text{полевка} — 25\ \text{г}}{\overset{80\ \text{особей}}{\text{полевки}}} \longrightarrow \text{беркуты и их птенцы}$$

2. Зная, что за лето семья беркутов отловила 80 полевок со средней массой одной полевки 25 г, подсчитаем общую массу корма беркутов:

$$80 \cdot 25\ \text{г} = 2000\ \text{г}.$$

---

*После номера задачи римской цифрой указан уровень сложности.

Правообладатель Народная асвета

3. Зная общую массу корма, определим массу корма, потребленного беркутами, составив пропорцию:

$$2000 \text{ г} — 100\ \%$$
$$x \text{ кг} — 40\ \%$$
$$x = 2000 \cdot 40 : 100 = 800 \text{ г}.$$

4. Чтобы определить массу корма (в кг), расходованного на выкармливание птенцов, надо от общей массы корма отнять массу корма, потребленного взрослыми птицами:

$$2000 \text{ г} - 800 \text{ г} = 1200 \text{ г} = 1{,}2 \text{ кг}.$$

Ответ: масса корма, расходованного на выкармливание птенцов, составляет 1,2 кг.

Задача 3 (III). Один слизень на дачном участке за сезон может повредить до 10 плодов земляники садовой со средней массой одного плода 12 г. Серая жаба за этот период может съесть до 15 слизней. Определите величину урожая земляники садовой, которую способны сохранить на дачном участке за сезон 10 серых жаб, охотящихся на слизней. Ответ выразите в килограммах.

Решение

1. Составим пастбищную цепь питания, исходя из того, кто кем питается:

$$\underset{\substack{x \text{ кг} \\ 1 \text{ плод} — 12 \text{ г}}}{\text{земляника садовая}} \longrightarrow \underset{1 \text{ слизень} — 10 \text{ плодов}}{\text{слизень}} \longrightarrow \underset{\substack{10 \text{ особей} \\ 1 \text{ жаба} — 15 \text{ слизней}}}{\text{серая жаба}}$$

2. Зная, что одна серая жаба за сезон может съесть до 15 слизней, рассчитаем, сколько слизней за сезон могут съесть 10 жаб:

$$10 \cdot 15 = 150 \text{ слизней}.$$

3. Поскольку один слизень на дачном участке за сезон может повредить до 10 плодов земляники садовой, узнаем, сколько плодов земляники способны повредить 150 слизней:

$$150 \cdot 10 = 1500 \text{ плодов земляники}.$$

4. Зная, что средняя масса одного плода земляники садовой составляет 12 г, узнаем общую массу плодов в кг:

$$1500 \cdot 12 \text{ г} = 18\,000 \text{ г} = 18 \text{ кг}.$$

Ответ: за сезон 10 серых жаб могут сохранить до 18 кг земляники садовой. Следовательно, серые жабы приносят человеку пользу и их нельзя уничтожать.

Правообладатель Народная асвета

Задача 4 (IV). Растения луга за летние месяцы усвоили $5 \cdot 10^6$ ккал солнечной энергии. Известно, что на лугу обитало 20 лягушек, а одна лягушка за месяц способна съедать до 500 растительноядных насекомых, каждое из которых, поедая растения, усваивает примерно 10 ккал энергии. Какой процент усвоенной энергии в составе растений луга был бы изъят растительноядными насекомыми за этот период, если бы 20 % их численности не съели лягушки?

Решение

1. Составим пастбищную цепь питания, исходя из того, кто кем питается:

$5 \cdot 10^6$ ккал — x ккал — 20 особей

растения → растительноядные насекомые → лягушка

1 насекомое — 10 ккал; 1 лягушка — 500 насекомых

2. Зная численность лягушек на лугу и сколько одна лягушка способна съесть растительноядных насекомых за месяц, определим общую численность съеденных насекомых:

$$20 \cdot 500 = 10\,000 \text{ насекомых.}$$

3. Поскольку было съедено только 20 % растительноядных насекомых, составим пропорцию и рассчитаем общую численность всех насекомых:

$$10\,000 \text{ — } 20 \text{ \%}$$
$$x \text{ — } 100 \text{ \%}$$
$$x = 10\,000 \cdot 100 : 20 = 50\,000 \text{ насекомых.}$$

4. Общая численность растительноядных насекомых равна 50 тыс. Зная, что одно насекомое в составе растительной пищи усвоило 10 ккал энергии, рассчитаем количество энергии, которое было бы потреблено всеми насекомыми:

$$10 \text{ ккал} \cdot 50\,000 = 500\,000 \text{ ккал} = 5 \cdot 10^5 \text{ ккал.}$$

5. Зная количество энергии, которое было бы потреблено всеми насекомыми, рассчитаем процент солнечной энергии, который был бы потреблен этими насекомыми, если бы часть из них не съели лягушки:

$$5 \cdot 10^6 \text{ ккал — } 100 \text{ \%}$$
$$5 \cdot 10^5 \text{ ккал — } x \text{ \%}$$
$$x = 5 \cdot 10^5 \text{ ккал} \cdot 100 : 5 \cdot 10^6 \text{ ккал} = 10 \text{ \% (за один месяц).}$$

Правообладатель Народная асвета

6. Чтобы узнать количество потребленной энергии за летние месяцы, нужно полученную величину умножить на 3:

$$10\ \% \cdot 3 = 30\ \%.$$

Ответ: растительноядные насекомые за лето изъяли бы 30 % энергии, усвоенной растениями луга, если бы часть этих насекомых не съели лягушки.

Задача 5 (V). Начальная численность популяции оленей в лесу составляет 2000 особей. На оленей охотятся волки. Популяция оленей увеличивает свою численность на 40 % в год. Начальная численность популяции волков составляет 20 особей, один волк ежегодно потребляет в среднем до 31 особи оленей. Какой станет численность популяции оленей через год при условии, что численность популяции волков не изменится? Какой должна быть начальная численность популяции волков, чтобы численность популяции оленей была относительно стабильной (т. е. равнялась примерно 2000 особей)?

Решение

1. Составим пастбищную цепь питания, исходя из того, кто кем питается:

2000 особей		20 особей
олени	⟶	волки
прирост 40 % в год		1 волк — 31 олень

2. Зная начальную численность оленей и процент их годового прироста, составим пропорцию и определим прирост численности популяции оленей к концу первого года:

$$2000 \text{ — } 100\ \%$$
$$x \text{ — } 40\ \%$$
$$x = 2000 \cdot 40 : 100 = 800 \text{ оленей.}$$

3. Зная годовой прирост численности оленей, определим общую численность популяции оленей к концу первого года без влияния волков:

$$2000 + 800 = 2800 \text{ оленей.}$$

4. Зная, сколько оленей съедает за год один волк, определим численность оленей, съеденных популяцией волков за год:

$$20 \cdot 31 = 620 \text{ оленей.}$$

5. Зная количество оленей, съеденных волками за год, определим численность оленей, оставшихся в живых к концу года:

$$2800 - 620 = 2180 \text{ оленей.}$$

Правообладатель Народная асвета

6. Зная количество выживших к концу года оленей, определим численность оленей, которых еще могут съесть волки, без нарушения стабильности численности популяции оленей:

$$2180 - 2000 = 180 \text{ оленей.}$$

7. Зная, сколько оленей в год съедает один волк, определим численность волков, которые смогут прокормиться 180 оленями:

$$180 \cdot 31 = 6 \text{ волков.}$$

8. Зная имеющуюся численность волков, определим начальную численность популяции волков, которая не нарушит стабильность численности популяции оленей:

$$20 + 6 = 26 \text{ волков.}$$

Ответ: численность популяции оленей через год будет равна 2180 особей. При начальной численности популяции волков в 26 особей численность популяции оленей будет относительно стабильной (т.е. примерно равной 2000 особей).

Правообладатель Народная асвета

Решение задач на анализ превращения вещества и энергии в цепи питания, правило 10 %

Задача 1 (I). Полевки за лето съели около 5 кг/га зерна пшеницы на колхозном поле площадью 12 га. Определите величину прироста биомассы мышей, если в данной цепи питания соблюдается правило 10 %.

Решение

1. Составим пастбищную пищевую цепь:

$$\text{зерно пшеницы} \xrightarrow[10\ \%]{5\ \text{кг/га}} \text{мыши полевки}\ (x\ \text{кг})$$

2. Зная площадь поля и количество зерна, съедаемого мышами на 1 га, определим общую массу съеденного зерна:

$$5 \cdot 12 = 60 \text{ кг.}$$

3. Зная массу съеденного зерна, на основании правила 10 % составим пропорцию и определим величину прироста биомассы мышей:

$$60 \text{ кг} — 100\ \%$$
$$x \text{ кг} — 10\ \%$$
$$x = 60 \cdot 10 : 100 = 6 \text{ кг.}$$

Ответ: прирост биомассы мышей за лето составил 6 кг.

Задача 2 (II). Сколько, согласно правилу 10 %, нужно фитопланктона в год, чтобы прирост плотвы в озере составил 125 кг/год, если учесть, что плотва питается мелкими беспозвоночными, использующими в качестве корма фитопланктон?

Решение

1. Составии пастбищную пищевую цепь:

$$\text{фитопланктон} \xrightarrow[10\ \%]{x\ \text{кг}} \text{мелкие беспозвоночные} \xrightarrow[10\ \%]{125\ \text{кг}} \text{плотва}$$

2. Зная прирост биомассы плотвы в год, на основании правила 10 % составим пропорцию и определим биомассу съеденных мелких беспозвоночных за год:

$$125 \text{ кг} — 10\ \%$$
$$x \text{ кг} — 100\ \%$$
$$x = 125 \cdot 100 : 10 = 1250 \text{ кг.}$$

Правообладатель Народная асвета

3. Зная биомассу съеденных мелких беспозвоночных за год, на основании правила 10 % составим пропорцию и определим биомассу фитопланктона, которую потребили эти мелкие беспозвоночные:

$$1250 \text{ кг} — 10 \%$$
$$x \text{ кг} — 100 \%$$
$$x = 1250 \cdot 100 : 10 = 12\,500 \text{ кг} = 12{,}5 \text{ т}.$$

Ответ: чтобы прирост плотвы в озере составил 125 кг/год, нужно 12,5 т фитопланктона в год.

Задача 3 (III). Канюк за лето съедает до 80 мышей со средней массой 20 г. Учитывая правило 10 %, определите, сколько зерна будет сохранено на пшеничном поле, если в течение лета там будет охотиться на мышей 4 пары канюков.

Решение

1. Составим пастбищную пищевую цепь:

$$\text{зерно} \xrightarrow{x \text{ кг}\ \ 10\ \%} \text{мыши} \xrightarrow{10\ \%\ \ 8 \text{ особей}} \text{канюки}$$

2. Зная численность охотящихся канюков и количество мышей, съедаемых одним канюком, определим численность мышей, съеденных канюками за лето:

$$8 \cdot 80 = 640 \text{ мышей}.$$

3. Зная среднюю массу одной мыши, определим общую массу всех съеденных мышей:

$$20 \cdot 640 = 12\,800 \text{ г} = 12{,}8 \text{ кг}.$$

4. На основании правила 10 % составим пропорцию и определим биомассу зерна, сохраненного на пшеничном поле:

$$12{,}8 \text{ кг} — 10 \%$$
$$x \text{ кг} — 100 \%$$
$$x = 12{,}8 \cdot 100 : 10 = 128 \text{ кг}.$$

Ответ: на пшеничном поле будет сохранено 128 кг зерна, благодаря уничтожению мышей канюками.

Задача 4 (IV). В озере популяция карасей за сезон съедает в среднем 50 кг планктонных ракообразных (зоопланктона). Какой средний прирост биомассы за год можно ожидать в популяции щук в расчете на одну особь, если в их рационе карась составляет 20 %? Численность популяции щук — 20 особей. Переход биомассы в данной цепи питания подчиняется правилу 10 %.

Правообладатель Народная асвета

Решение

1. Составим пастбищную пищевую цепь:

2. Зная биомассу зоопланктона, на основании правила 10 % составим пропорцию и определим средний прирост биомассы популяции карасей за сезон:

$$50 \text{ кг} — 100 \%$$
$$x \text{ кг} — 10 \%$$
$$x = 50 \cdot 10 : 100 = 5 \text{ кг}.$$

3. Зная, что караси в рационе щук составляют 20 %, составим пропорцию и определим среднюю величину рациона щук за сезон:

$$5 \text{ кг} — 20 \%$$
$$x \text{ кг} — 100 \%$$
$$x = 5 \cdot 100 : 20 = 25 \text{ кг}.$$

4. Зная среднюю величину рациона щук за сезон, на основании правила 10 % составим пропорцию и определим средний прирост биомассы щук за сезон:

$$25 \text{ кг} — 100 \%$$
$$x \text{ кг} — 10 \%$$
$$x = 25 \cdot 10 : 100 = 2{,}5 \text{ кг}.$$

5. Зная средний прирост биомассы щук за сезон, определим этот показатель за год:

$$2{,}5 \cdot 4 = 10 \text{ кг}.$$

6. Зная средний годовой прирост биомассы всех щук и их количество, определим средний прирост биомассы одной щуки:

$$10 : 20 = 0{,}5 \text{ кг}.$$

Ответ: средний годовой прирост биомассы одной щуки в озере составляет 0,5 кг.

Задача 5 (V). Прирост биомассы популяции щук в озере за лето составил 10 кг. Сколько солнечной энергии поглощал фитопланктон за месяц, если известно, что пищевой рацион плотвы за лето составлял 1/5 его прироста, а прирост плотвы за этот же период был равен половине рациона щук? В 1 кг фитопланктона содержится $6 \cdot 10^2$ ккал энергии. В данной пищевой цепи соблюдается правило 10 %.

Правообладатель Народная асвета

Решение

1. Составим пастбищную пищевую цепь:

$$\underset{\text{фитопланктон}}{x \text{ ккал/мес.}} \xrightarrow{10\ \%} \underset{\text{плотва}}{} \xrightarrow{10\ \%} \underset{\text{щуки}}{10 \text{ кг}}$$

2. На основании правила 10 % составим пропорцию и рассчитаем величину пищевого рациона щук за лето:

$$10 \text{ кг} — 10\ \%$$
$$x \text{ кг} — 100\ \%$$
$$x = 10 \cdot 100 : 10 = 100 \text{ кг}.$$

3. Пищевой рацион щук за лето составил 100 кг. Прирост плотвы за лето равен половине данного рациона. Рассчитаем прирост плотвы за лето:

$$100 : 2 = 50 \text{ кг}.$$

4. Прирост плотвы за лето равнялся 50 кг. На основании правила 10 % составим пропорцию и рассчитаем величину пищевого рациона плотвы за лето:

$$50 \text{ кг} — 10\ \%$$
$$x \text{ кг} — 100\ \%$$
$$x = 50 \cdot 100 : 10 = 500 \text{ кг}.$$

5. Пищевой рацион плотвы за лето равнялся 500 кг и составлял 1/5, или 20 %, прироста фитопланктона. Составим пропорцию и рассчитаем общее количество прироста фитопланктона в озере за лето:

$$500 \text{ кг} — 20\ \%$$
$$x \text{ кг} — 100\ \%$$
$$x = 500 \cdot 100 : 20 = 2500 \text{ кг}.$$

6. За лето в озере образовалось 2500 кг фитопланктона. Учитывая, что в 1 кг фитопланктона содержится $6 \cdot 10^2$ ккал энергии, можно рассчитать общее количество солнечной энергии, поглощенной фитопланктоном за лето:

$$6 \cdot 10^2 \text{ ккал/кг} \cdot 2500 \text{ кг} = 15 \cdot 10^5 \text{ ккал}.$$

7. За лето фитопланктоном было поглощено $15 \cdot 10^5$ ккал солнечной энергии. Чтобы определить количество энергии, поглощенной фитопланктоном за месяц, разделим полученную величину на 3:

$$15 \cdot 10^5 \text{ ккал} : 3 = 5 \cdot 10^5 \text{ ккал}.$$

Ответ: за месяц фитопланктон поглощал $5 \cdot 10^5$ ккал солнечной энергии.

Правообладатель Народная асвета

Решение задач на балансовое равенство в экосистеме

При решении задач на балансовое равенство в экосистеме используются следующие сокращения: ВПП — валовая первичная продукция (вся продукция, созданная продуцентами в результате фотосинтеза); ТД — траты на дыхание (продукция, затрачиваемая организмами каждого трофического уровня на поддержание процессов жизнедеятельности); ЧПП — чистая первичная продукция (продукция продуцентов, которая может быть съедена консументами I порядка); К — корм (продукция, которая потребляется организмами последующего трофического уровня); ВтП — вторичная продукция (продукция, созданная гетеротрофными организмами из органического вещества корма после его частичного расщепления); НП — неиспользованная продукция (продукция, которая остается на трофическом уровне в качестве запаса); ЧПС — чистая продукция сообщества (совокупность неиспользованной продукции на всех трофических уровнях, которая может быть использована для развития экосистемы или изъята человеком без ущерба для нее).

При решении задач на балансовое равенство следует учитывать закономерности распределения видов продукции в экосистеме, которые можно представить в виде следующих символических уравнений:

1) $ВПП = ТД_{I} + ЧПП$;
2) $ЧПП = НП_{I} + К_{II}$;
3) $К_{II} = ТД_{II} + ВтП_{II}$;
4) $ВтП_{II} = НП_{II} + К_{III}$ и т. д.;
5) $ЧПС = НП_{I} + НП_{II} + ... + НП_{n}$.

Римская цифра в подстрочном индексе обозначает номер трофического уровня в пищевой цепи.

Задача 1 (I). Пределы численности популяции косуль в лесу составляют 20—200 особей. Известно, что годовой объем чистой первичной продукции равен 20 т/год, на корм косулям пригодно в среднем 25 % растительной биомассы, а рацион одной особи составляет 500 кг/год. Сможет ли популяция самостоятельно сохранить свою численность или ей понадобится помощь человека?

Решение

1. Зная годовой объем ЧПП, составим пропорцию и определим объем ЧПП, пригодной на корм косулям:

$$20 \text{ т} — 100 \%$$
$$x \text{ т} — 25 \%$$
$$x = 20 \cdot 25 : 100 = 5 \text{ т}.$$

Правообладатель Народная асвета

2. Зная рацион одной особи, определим, сколько косуль сможет прокормиться за счет пригодной на корм ЧПП, тонны корма переведем в килограммы:

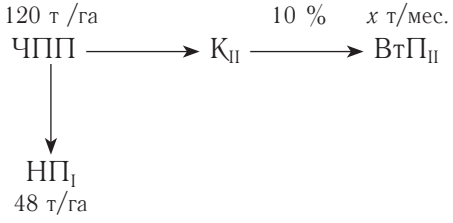
$$5000 \text{ кг} : 500 \text{ кг} = 10 \text{ косуль}.$$

Ответ: за счет чистой первичной продукции леса сможет прокормиться только 10 косуль, а это ниже нижнего предела численности популяции. Следовательно, в этом лесу косули не смогут существовать самостоятельно, им понадобится помощь человека в виде дополнительной подкормки.

Задача 2 (II). В Черном море прирост чистой первичной продукции фитопланктона за год составил 120 т/га. Какое количество вторичной продукции в месяц на 1 га могли образовать консументы I порядка, если неиспользованная первичная продукция составила 48 т/га за год, а эффективность усвоения первичной продукции была равна 10 %?

Решение

1. Составим схему распределения годовой ЧПП в экосистеме:



2. Зная количество ЧПП и НП, определим, какое количество ЧПП было использовано консументами I порядка в качестве корма за год:

$$120 - 48 = 72 \text{ т/га}.$$

3. Зная эффективность усвоения корма консументами I порядка, составим пропорцию и определим годовой прирост вторичной продукции:

$$72 \text{ т/га} — 100 \%$$
$$x \text{ т/га} — 10 \%$$
$$x = 72 \cdot 10 : 100 = 7{,}2 \text{ т/га}.$$

4. Зная годовой прирост вторичной продукции, разделим данную величину на 12 и получим количество вторичной продукции в месяц:

$$7{,}2 \text{ т/га} : 12 = 0{,}6 \text{ т/га}.$$

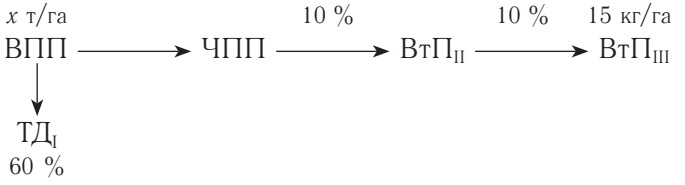
Ответ: консументы I порядка ежемесячно могли образовывать 0,6 т/га вторичной продукции.

Правообладатель Народная асвета

Задача 3 (III). Валовой первичной продукции на 1 га в год в лесу образуется на 400 кг больше, чем на лугу. Чему равна валовая первичная продукция в лесу, если траты на дыхание у продуцентов луга составляют 60 %, а вторичная продукция консументов II порядка на лугу равна 15 кг/га в год? Переход биомассы между трофическими уровнями составляет 10 %.

Решение

1. Составим схему распределения ВПП в экосистеме луга:



2. Зная количество ВтП консументов II порядка луга, составим пропорцию и определим количество ВтП консументов I порядка:

$$15 \text{ кг/га} — 10 \%$$
$$x \text{ кг/га} — 100 \%$$
$$x = 15 \cdot 100 : 10 = 150 \text{ кг/га}.$$

3. Зная количество ВтП консументов I порядка луга, составим пропорцию и определим количество ЧПП на лугу:

$$150 \text{ кг/га} — 10 \%$$
$$x \text{ кг/га} — 100 \%$$
$$x = 150 \cdot 100 : 10 = 1500 \text{ кг/га}.$$

4. Зная процент ТД у продуцентов луга, определим процент ЧПП от ВПП на лугу:

$$100 \% - 60 \% = 40 \%.$$

5. Зная количество ЧПП на лугу, составим пропорцию и определим количество ВПП на лугу:

$$1500 \text{ кг/га} — 40 \%$$
$$x \text{ кг/га} — 100 \%$$
$$x = 1500 \cdot 100 : 40 = 3750 \text{ кг/га}.$$

6. Зная количество ВПП на лугу, определим количество ВПП в лесу, учитывая, что количество ВПП на лугу на 400 кг больше таковой в лесу:

$$3750 + 400 = 4150 \text{ кг/га} = 4{,}15 \text{ т/га}.$$

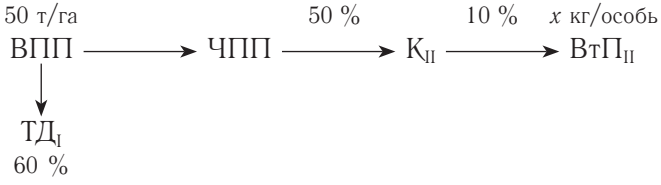
Ответ: валовая первичная продукция в лесу равна 4,15 т/га в год.

Правообладатель Народная асвета

Задача 4 (IV). Валовая первичная продукция на пшеничном поле площадью 10 га составляла 50 т/га в год. Доля зерна в чистой первичной продукции составляла 50 %, а траты на дыхание у продуцентов были равны 60 %. Переход биомассы с одного трофического уровня на другой составлял 10 %. Полученное зерно использовали как составляющую корма 100 свиней. Чему равен средний прирост вторичной продукции на одного животного за счет этой части корма?

Решение

1. Составим схему распределения ВПП в экосистеме:



2. Зная ВПП на 1 га в год и площадь всего поля, определим общую ВПП за год:

$$50 \cdot 10 = 500 \text{ т.}$$

3. Зная процент ТД, определим процент ЧПП от ВПП:

$$100\ \% - 60\ \% = 40\ \%.$$

4. Зная ВПП и процент ЧПП, составим пропорцию и определим ЧПП за год:

$$500 \text{ т} — 100\ \%$$
$$x \text{ кг} — 40\ \%$$
$$x = 500 \cdot 40 : 100 = 200 \text{ т.}$$

5. Зная, что зерно, используемое для корма свиней, составляло 50 % от ЧПП, составим пропорцию и определим количество корма:

$$200 \text{ т} — 100\ \%$$
$$x \text{ т} — 50\ \%$$
$$x = 200 \cdot 50 : 100 = 100 \text{ т.}$$

6. Зная количество корма, составим пропорцию и определим общий прирост вторичной продукции всего поголовья свиней:

$$100 \text{ т} — 100\ \%$$
$$x \text{ т} — 10\ \%$$
$$x = 100 \cdot 10 : 100 = 10 \text{ т.}$$

Правообладатель Народная асвета

7. Зная все поголовье свиней и общий прирост их вторичной продукции, рассчитаем средний прирост вторичной продукции на одного животного:

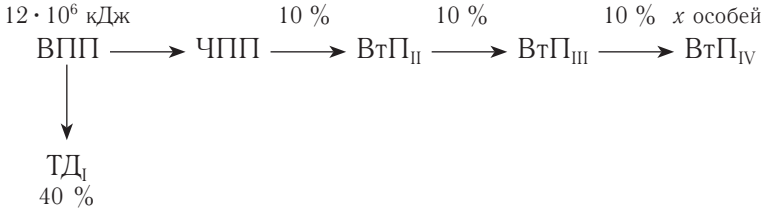
$$10 \text{ т} : 100 = 0{,}1 \text{ т} = 100 \text{ кг}.$$

Ответ: средний прирост вторичной продукции на одного животного составит 100 кг.

Задача 5 (V). Валовая первичная продукция в широколиственном лесу накапливает до $12 \cdot 10^6$ кДж энергии на 1 га в год. В 1 кг биомассы продуцентов содержится 480 кДж энергии. Площадь леса равна 1000 га, траты на дыхание у продуцентов составляют 40 %, а переход биомассы с одного трофического уровня на другой равен 10 %. Сколько особей хищников II порядка в год сможет прокормиться за счет этой продукции, если масса потребляемого корма на одну особь составляет в среднем 250 кг?

Решение

1. Составим схему распределения ВПП в экосистеме:



2. Зная количество энергии в 1 кг биомассы продуцентов, перейдем от энергии продуцентов к их биомассе:

$$12 \cdot 10^6 \text{ кДж/га} : 480 \text{ кДж/га} = 25\,000 \text{ кг/га} = 25 \text{ т/га}.$$

3. Зная количество ВПП на 1 га леса, определим объем ВПП на всей площади леса:

$$25 \cdot 1000 = 25\,000 \text{ т}.$$

4. Зная процент ТД, определим процент ЧПП:

$$100\ \% - 40\ \% = 60\ \%.$$

5. Зная процент ЧПП, составим пропорцию и определим количество ЧПП:

$$25\,000 \text{ т} — 100\ \%$$
$$x \text{ т} — 60\ \%$$
$$x = 25\,000 \cdot 60 : 100 = 15\,000 \text{ т}.$$

Правообладатель Народная асвета

6. Зная количество ЧПП, составим пропорцию и определим количество ВтП растительноядных животных:

$$15\,000 \text{ т} — 100\ \%$$
$$x \text{ т} — 10\ \%$$
$$x = 15\,000 \cdot 10 : 100 = 1500 \text{ т}.$$

7. Зная количество ВтП растительноядных животных, составим пропорцию и определим количество ВтП хищников I порядка, являющуюся кормом для хищников II порядка:

$$1500 \text{ т} — 100\ \%$$
$$x \text{ т} — 10\ \%$$
$$x = 1500 \cdot 10 : 100 = 150 \text{ т}.$$

8. Зная количество корма, потребляемого одной особью хищников II порядка, и весь объем их корма, определим численность хищников II порядка, способных прокормиться за счет этого корма (переведем тонны в килограммы):

$$150\,000 \text{ кг} : 250 \text{ кг} = 600 \text{ особей}.$$

Ответ: в широколиственном лесу сможет прокормиться 600 особей хищников II порядка.

Правообладатель Народная асвета

Словарь основных терминов и понятий

Абиотические факторы (от греч. *a* — отрицание, *biōticós* — живой, жизненный) — элементы неживой природы, которые прямо или косвенно влияют на организм и вызывают у него ответную реакцию.

Агроэкосистемы (от греч. *agrós* — поле и *экосистема*) — искусственные экосистемы, созданные и используемые человеком для получения сельскохозяйственной продукции или отдыха.

Адаптация (от лат. *adaptatio* — прилаживание, приспособление) — признак или комплекс признаков, обеспечивающих выживание и размножение организмов в конкретной среде обитания.

Аллогенез (от греч. *állos* — другой, иной, *génesis* — происхождение, возникновение) — путь развития частных адаптаций, не изменяющих уровень организации особей и позволяющих им более полно заселить среду обитания.

Аналогичные (от греч. *analogía* — соответствие, сходство) **органы** — органы, имеющие разное происхождение и неодинаковый план строения, но выполняющие одинаковые функции и обладающие внешним сходством.

Антиобщественное поведение — поступки личности или групп людей, нарушающие официально установленные в обществе правовые нормы.

Антропогенные факторы (от греч. *ánthrōpos* — человек, *génesis* — происхождение) — разнообразные виды деятельности человека, влияющие как на сами организмы, так и на их местообитания.

Ареал (от лат. *area* — площадь, пространство) — часть земной поверхности, в пределах которой распространены и проходят полный цикл развития особи данного вида.

Арогенез (от греч. *áirō* — поднимаю, *génesis* — происхождение, возникновение) — эволюционный путь развития адаптаций широкого значения, повышающих уровень организации особей и их приспособленность к различным средам обитания до такой степени, что это позволяет им перейти в новую среду жизни (например, из водной среды в наземно-воздушную).

Атавизмы (от лат. *atavus* — предок) — признаки отдаленных предков, появляющиеся у некоторых современных организмов как отклонение от нормы.

Аэрация (от греч. *aér* — воздух) — обеспечение (насыщение) среды воздухом.

Аэренхима (от греч. *aér* — воздух, *énchyma* — ткань) — ткань, запасающая воздух в больших межклетниках у водных и болотных растений.

Бактериофаги — группа вирусов, которые поражают бактериальные клетки.

Правообладатель Народная асвета

Бентос (от греч. *bénthos* — глубина) — организмы, обитающие на дне водоема или в толще донного грунта.

Биогеоценоз (от греч. *bíos* — жизнь, *gḗ* — Земля, *koinós* — общий) — исторически сложившаяся совокупность живых (биоценоз) и неживых (биотоп) компонентов однородного участка суши, где происходит круговорот веществ и превращение энергии.

Биологическая система (биосистема) — биологический объект, состоящий из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов и обладающий способностью к развитию, самовоспроизведению и приспособлению к среде.

Биологическая эволюция — поступательный направленный исторический процесс изменения живых организмов и их сообществ.

Биологический прогресс (от лат. *progressus* — движение вперед) — направление эволюции, характеризующееся повышением приспособленности организмов определенной систематической группы к окружающей среде.

Биологический регресс (от лат. *regressus* — возвращение, движение назад) — направление эволюции, характеризующееся снижением приспособленности организмов определенной систематической группы к условиям обитания.

Биомасса экосистемы — общее количество органического вещества всех живых организмов, накопившееся в данной экосистеме за предыдущий период ее существования.

Биосфера (от греч. *bíos* — жизнь, *sphaíra* — шар) — оболочка Земли, созданная живыми организмами в результате жизнедеятельности и заселенная ими.

Биотические факторы (от греч. *bioticós* — живой, жизненный) — элементы живой природы (живые организмы), влияющие на определенный организм и вызывающие у него ответную реакцию.

Биотоп (от греч. *bíos* — жизнь, *tópos* — место) — участок территории с однородными условиями среды.

Биоценоз (от греч. *bíos* — жизнь, *koinós* — общий) — исторически сложившаяся совокупность взаимосвязанных популяций растений, животных, грибов и микроорганизмов, населяющих экологически однородную среду обитания.

Борьба за существование — совокупность многообразных и сложных взаимодействий организмов между собой и с окружающими их условиями внешней среды, приводящая в природе к естественному отбору.

Вид — исторически сложившаяся совокупность особей, которые сходны по морфологическим, физиологическим и биохимическим признакам, свободно скрещиваются и дают плодовитое потомство, приспособлены к определенным условиям среды и занимают в природе общую территорию — ареал.

Правообладатель Народная асвета

Видовая насыщенность — количество видов, приходящихся на единицу площади или единицу объема биотопа.

Видовое богатство — общее количество видов, обитающих в определенном биотопе.

Видообразование — эволюционный процесс превращения генетически открытых систем — популяций в генетически закрытые системы — новые виды.

Виды-эдификаторы — виды растительного сообщества с сильно выраженной средообразующей способностью, определяющие основные условия существования других организмов в этом сообществе.

Вирион — полностью сформированная вирусная частица, способная к инфицированию клетки-хозяина.

Вироид — инфекционный агент, представляющий собой низкомолекулярную кольцевую одноцепочечную молекулу РНК, не несущую информацию о белковых молекулах.

Вторичная продукция — биомасса, созданная гетеротрофными организмами (консументами и редуцентами) из органического вещества после его частичного расщепления.

Гигрофиты (от греч. *hygrós* — влажный, *phytón* — растение) — растения, живущие на обильно увлажненных почвах и при высокой влажности воздуха.

Гидробионты (от греч. *hýdor* — вода, *bíos* — жизнь) — организмы, обитающие в водной среде.

Гидросфера (от греч. *hýdor* — вода, *spháira* — шар) — водная оболочка Земли, включающая все водные запасы планеты.

Гидрофиты (от греч. *hýdor* — вода, *phytón* — растение) — растения, обитающие в водной среде.

Гомойотермные (от греч. *hómoios* — одинаковый, сходный, *thérmē* — тепло) **организмы** — организмы, способные поддерживать относительно постоянную температуру тела при изменении температуры окружающей среды.

Гомологичные (от греч. *homologia* — соответствие) **органы** — органы, которые независимо от выполняемых функций, имеют общий план строения и развиваются из одних и тех же зачатков в ходе эмбрионального развития.

Детрит (от лат. *detritus* — истертый) — мертвое органическое вещество, возникшее в результате жизнедеятельности или гибели организмов.

Детритные цепи питания — пищевые цепи, которые начинаются с детрита, включают детритофагов и редуцентов и заканчиваются минеральными веществами.

Дивергенция (от лат. *divergo* — отклоняюсь, отхожу) — расхождение признаков у родственных организмов или их групп, обитающих в разных экологических условиях.

Правообладатель Народная асвета

Дрейф генов — случайное, не подверженное закономерностям изменение частоты встречаемости генов в генофонде популяции.

Емкость среды — максимальная численность популяции, определяемая возможностью среды обеспечить ее необходимыми ресурсами для существования.

Естественный отбор (по Дарвину) — процесс выживания и размножения наиболее приспособленных к условиям обитания особей и гибель менее приспособленных.

Естественный отбор (по синтетической теории эволюции) — направленный исторический процесс дифференциации (избирательного сохранения) фенотипов и воспроизведения адаптивных генотипов в популяциях.

Живое вещество — совокупность всех живых организмов на Земле с их способностью к размножению и распространению на планете, к борьбе за пищу, воду, территорию, воздух.

Загрязнение окружающей среды — поступление в среду новых, нехарактерных для нее твердых, жидких и газообразных веществ либо превышение их естественного уровня в окружающей среде, которое оказывает негативное влияние на биосферу.

Заказник — охраняемая территория, на которой постоянно или временно запрещены отдельные виды хозяйственной деятельности человека (рыболовство, охота, сенокос).

Заповедник — особо охраняемая государством территория, полностью исключенная из хозяйственной деятельности человека.

Зона нормальной жизнедеятельности, или зона нормы, — диапазоны силы воздействия фактора (их два), в пределах которых наблюдается умеренный рост и развитие организма, но его размножение недостаточно эффективно.

Зона оптимума (от лат. *optimus* — наилучший) — диапазон силы воздействия фактора, в пределах которого организм проявляет максимальную жизнедеятельность, наблюдается его активный рост, развитие и эффективное размножение.

Зона пессимума (от лат. *pessimum* — причинять вред), **или зона угнетения,** — диапазоны силы воздействия фактора (их два), в пределах которых жизнедеятельность организма настолько снижена, что невозможны его рост и развитие, но сохраняется возможность для существования.

Зооценоз (от греч. *zṓon* — животное, *koinós* — общий) — совокупность популяций животных, населяющих определенный биотоп.

Изоляция — это наличие барьеров, препятствующих свободному скрещиванию особей (панмиксии), в результате чего исходная популяция разделяется на несколько популяций.

Искусственный отбор — процесс выбора человеком наиболее ценных в хозяйственном отношении организмов и использование их для дальнейшего разведения.

Правообладатель Народная асвета

Катагенез (от греч. *kata-* — приставка, обозначающая движение сверху вниз, *génesis* — происхождение, возникновение) — особый путь эволюции в более простой среде, сопровождающийся редукцией отдельных систем органов с одновременным повышением эффективности репродуктивной системы.

Классификация организмов — условное распределение всей совокупности живых организмов по иерархически подчиненным группам в соответствии с какими-либо общими признаками.

Комменсализм (от лат. *commensalis* — сотрапезник) — тип взаимоотношений, при котором популяция одного вида извлекает пользу, не принося ни вреда, ни пользы популяции другого вида.

Конвергенция (от лат. *convergo* — приближаюсь, схожусь) — независимое развитие сходных признаков (схождение признаков) у неродственных организмов или их групп, обитающих в одинаковой среде.

Конкуренция (от лат. *concurrentia* — соперничество) — взаимоневыгодный тип взаимоотношений между видами со сходными потребностями.

Консументы (от лат. *consumo* — потребляю), или **потребители**, — гетеротрофные организмы, потребляющие живое органическое вещество и передающие содержащуюся в нем энергию по пищевым цепям.

Космополиты (от греч. *cosmopolités* — гражданин мира) — виды, имеющие обширный ареал распространения в пределах разных континентов.

Критерий вида — совокупность характерных однотипных признаков, по которым схожи особи одного вида, а особи разных видов различаются.

Круговорот веществ — цикличный, многократно повторяющийся процесс совместного, взаимосвязанного превращения и перемещения веществ.

Ксерофиты (от греч. *xēróx* — сухой, *phytón* — растение) — растения, приспособившиеся к жизни в засушливых местах (степях, пустынях, полупустынях, саваннах, высокогорьях).

Лимитирующий (ограничивающий) фактор — фактор, наиболее отклонившийся от своего оптимального значения по сравнению с другими факторами и определяющий уровень жизнедеятельности организма в данной среде.

Мезофиты (от греч. *mésos* — средний, промежуточный, *phytón* — растение) — растения, обитающие в условиях умеренного увлажнения.

Методический отбор — целенаправленное выведение человеком пород животных или сортов растений.

Микоценоз (от греч. *mýkēs* — гриб, *koinós* — общий) — сообщество различных видов грибов.

Микробоценоз (от греч. *micrós* — малый, *koinós* — общий) — совокупность популяций микроорганизмов (бактерий, протистов) и вирусов.

Правообладатель Народная асвета

Мутуализм (от лат. *mutuus* — взаимный) — взаимовыгодный и обязательный для жизни хотя бы одной из популяций тип взаимоотношений.

Научение — приспособительное изменение поведения в результате предшествующего опыта, за счет чего достигается индивидуальное приспособление живых организмов к среде обитания.

Национальный парк — обширный охраняемый участок территории, на котором расположены природные комплексы, представляющие историческую, экологическую и культурную ценность.

Нейстон (от греч. *neustós* — плавающий) — организмы, связанные с поверхностной пленкой воды и обитающие постоянно или временно на этой пленке или до 5 см в глубь от ее поверхности.

Нектон (от греч. *nēktós* — плывущий) — организмы, обитающие в толще воды и ведущие активный образ жизни.

Неопределенная (индивидуальная) изменчивость — появление у отдельно взятой особи в пределах одного сорта, породы, вида нового признака, который не встречался у родителей.

Ноосфера (сфера разума) — высшая стадия развития биосферы, при которой разумная деятельность человечества становится главной движущей силой ее развития.

Окружающая среда — совокупность всех природных тел, сил и явлений на планете Земля, в которой существует жизнь.

Определенная (групповая) изменчивость — появление одинаковых признаков у всех особей и их потомства под действием изменившегося фактора среды.

Опустынивание — совокупность процессов, которые приводят к утрате природным сообществом сплошного растительного покрова с невозможностью его восстановления без участия человека.

Охрана природы — совокупность международных, государственных и региональных мероприятий для сохранения, рационального использования и воспроизводства природы Земли в интересах ныне живущего и будущих поколений людей.

Памятник природы — отдельный охраняемый природный объект живой или неживой природы, уникальный в научном, культурном, историко-мемориальном или эстетическом отношении.

Паразитизм (от греч. *parásitos* — нахлебник) — тип взаимоотношений популяций разных видов, из которых одна популяция (паразит) использует другую (хозяина) в качестве среды обитания и источника пищи.

Паразиты — организмы, которые живут за счет особей другого вида, будучи тесно связанны с ними в своем жизненном цикле на большем или меньшем его протяжении.

Правообладатель Народная асвета

Пастбищные цепи питания — пищевые цепи, которые начинаются с продуцентов и включают консументов разных порядков.

Первичная продукция — биомасса, созданная автотрофными организмами (продуцентами) из минерального вещества в процессе фото- или хемосинтеза.

Планктон (от греч. *planktós* — парящий, блуждающий) — организмы, обитающие в толще воды и пассивно передвигающиеся под действием ее тока.

Пойкилотермные организмы (от греч. *poikílos* — изменчивый, *thérmē* — тепло) — организмы, температура тела которых непостоянна и изменяется вместе с температурой окружающей среды.

Популяция — способная к саморегуляции группа особей одного вида, обитающих на общей территории, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство.

Популяционные волны (волны жизни) — более или менее регулярные колебания численности, случайным образом изменяющие частоту встречаемости генов и мутаций в популяциях.

Поток генов — случайный обмен генами между популяциями одного вида в результате миграции особей.

Пределы выносливости, или **пределы толерантности** (от лат. *tolerantia* — терпение, выносливость), — диапазон силы воздействия фактора, в котором возможна жизнедеятельность организма.

Приспособленность — совокупность адаптаций (особенностей внешнего и внутреннего строения и поведения организма), которые обеспечивают для данного вида преимущества в выживании и оставлении потомства при определенных условиях среды.

Продукция экосистемы — количество биомассы, образующейся в экосистеме на единице площади или в единице объема биотопа за единицу времени.

Продуценты (от лат. *producens* — создающий), или **производители**, — автотрофные организмы, синтезирующие органическое вещество из минерального с использованием энергии.

Рассудочная деятельность — способность к выполнению адаптивного поведенческого акта в сложившейся ситуации.

Рациональное природопользование — тип взаимоотношений человека с окружающей средой, при котором человек способен разумно осваивать природные ресурсы и предупреждать негативные последствия своей деятельности.

Редуценты (от лат. *reducens* — возвращающий), или **разрушители**, — гетеротрофные организмы, разрушающие мертвое органическое вещество любого происхождения до минерального.

Резерват — небольшая природная охраняемая территория, созданная для охраны одного из элементов природного комплекса.

Правообладатель Народная асвета

Реликтовые виды (от лат. *relictum* — остаток) — живые организмы, сохранившиеся в современной биоте или в определенном регионе как остаток предковой группы.

Рудименты (от лат. *rudimentum* — зачаток) — недоразвитые органы современных организмов, которые были хорошо развиты у их предков.

Симбиоз (от греч. *symbiōsis* — совместная жизнь) — длительное сожительство популяций двух или нескольких видов, извлекающих из него взаимную или одностороннюю пользу.

Склерофиты (от греч. *sclērós* — твердый, *phytón* — растение) — растения со сниженной транспирацией и способностью активно добывать воду при ее недостатке в почве.

Сообщество — любая совокупность популяций разных видов, взаимодействующих между собой и существующих в общей среде.

Соотносительная (коррелятивная) изменчивость — изменение какого-то одного органа или части тела вслед за изменением других частей организма.

Социальная иерархия — система связей между членами группы в виде соподчинения особей друг другу.

Социальная среда — конкретные общественные отношения, традиции, нравственные и правовые установки, при которых рождается и живет человек.

Среда жизни — часть природы с особым комплексом факторов, для существования в которой у разных систематических групп организмов сформировались сходные адаптации.

Среда обитания — часть природы, которая окружает организм и с которой он непосредственно взаимодействует в течение всего жизненного цикла.

Стенобионты (от греч. *stenós* — узкий, *bíos* — жизнь) — виды организмов, имеющие узкие пределы толерантности и способные существовать на небольших территориях с относительно постоянными условиями среды.

Суккуленты (от лат. *succulentus* — сочный) — многолетние растения, способные запасать воду в своих тканях и органах, а затем экономно ее расходовать.

Сукцессия (от лат. *successio* — преемственность, наследование) — закономерная, последовательная смена одних экосистем другими на определенной территории под влиянием направленного изменения природных факторов или деятельности человека.

Таксис (от греч. *táxis* — расположение) — форма пространственной ориентации организмов по отношению к источнику раздражения.

Топические связи (от греч. *tópos* — место) — связи между популяциями, когда особи одной популяции используют особей другой популяции в качестве местообитания или испытывают их влияние на свою среду обитания.

Правообладатель Народная асвета

Трофические связи (от греч. *trophé* — пища) — связи между популяциями, когда особи одной популяции получают пищу за счет особей другой популяции.

Трофический уровень — совокупность организмов, которые в зависимости от способа их питания и вида корма составляют определенное звено пищевой цепи.

Условия существования, или **условия жизни,** — комплекс экологических факторов, без которых организм не может существовать в данной среде.

Фабрические связи (от лат. *fabrico* — изготовлять) — связи между популяциями, когда особи одной популяции используют выделения или остатки тел особей другой популяции в качестве материала для строительства гнезд, нор, убежищ и др.

Фитоценоз (от греч. *phytón* — растение, *koinós* — общий) — растительное сообщество на определенной территории, изменяющееся как по сезонам года, так и по годам.

Форические связи (от греч. *phora* — ношение) — связи между популяциями, когда особи одной популяции участвуют в расселении (распространении) особей другой популяции.

Фотопериод (от греч. *photós* — свет и период) — длина светового дня, определяющая времена года.

Фотопериодизм (от греч. *photós* — свет и период) — характерная реакция организмов на сезонные изменения длины светового дня, синхронизирующая их биологическую активность с временами года.

Фототропизм (от греч. *photós* — свет, *trópos* — поворот, направление) — ростовые движения органов растений под влиянием одностороннего освещения.

Цепь питания (пищевая цепь) — линейная последовательность организмов, в которой происходит поэтапный перенос вещества и энергии от источника (предыдущего звена) к потребителю (последующему звену).

Человеческая раса — исторически сложившаяся группа людей с общими наследственными морфологическими особенностями.

Чистая продукция сообщества — часть продукции экосистемы, которая может быть использована в пределах самой экосистемы для ее развития или может быть изъята человеком без ущерба для экосистемы.

Эврибионты (от греч. *eurýs* — широкий, *bíos* — жизнь) — виды организмов, имеющие широкие пределы толерантности и способные заселять обширные территории со значительными колебаниями условий среды.

Экология (от греч. *óikos* — дом, жилище, *lógos* — наука, учение) — наука, изучающая биосистемы разного уровня организации (от организма до биосферы) и закономерности их взаимодействия.

Правообладатель Народная асвета

Экологическая пластичность, или **экологическая валентность,** — свойство видов адаптироваться к тому или иному диапазону изменения силы воздействия факторов среды**.**

Экологические факторы — свойства и компоненты среды обитания, которые воздействуют на организм и вызывают у него ответные реакции.

Экологический кризис — несоответствие растущих масштабов деятельности человека для удовлетворения своих жизненных потребностей восстановительным возможностям природы.

Экологический максимум, или **верхний предел выносливости,** — максимальное значение силы воздействия фактора, при котором прекращается жизнедеятельность организма.

Экологический минимум, или **нижний предел выносливости,** — минимальное значение силы воздействия фактора, при котором начинается проявление жизнедеятельности организма.

Экологический оптимум (от лат. *optimus* — наилучший) — конкретное значение силы воздействия фактора, наиболее благоприятное для жизнедеятельности организма.

Экосистема — любой комплекс из сообщества живых организмов и неживых компонентов среды их обитания, связанных между собой обменом вещества и энергии.

Эндемики (от греч. *éndēmos* — местный) — виды, имеющие очень узкий ареал распространения в пределах небольшого региона.

Эрозия почвы — разрушение плодородного слоя почвы под действием ветра и воды.

Правообладатель Народная асвета

СОДЕРЖАНИЕ

От авторов 3

Глава 1. Организм и среда

§ 1. Уровни организации живых систем. Экология как наука 4
§ 2. Факторы среды и их классификация 7
§ 3. Закономерности действия факторов среды на организм 11
§ 4. Взаимодействие экологических факторов. Лимитирующий фактор 15
§ 5. Свет в жизни организмов 18
§ 6. Температура как экологический фактор 22
§ 7. Влажность как экологический фактор 27
§ 8. Понятие о среде жизни. Водная среда 32
§ 9. Наземно-воздушная и почвенная среды жизни 39
§ 10. Живой организм как среда жизни 43

Глава 2. Вид и популяция

§ 11. Понятие вида. Критерии вида 48
§ 12. Свойства популяции 53
§ 13. Структура популяции 56
§ 14. Динамика численности популяций и ее регуляция 61

Глава 3. Экосистемы

§ 15. Биоценоз и биотоп. Связи популяций в биоценозах 66
§ 16. Видовая структура биоценоза 70
§ 17. Пространственная структура биоценоза 72
§ 18. Экосистема. Биогеоценоз. Структура экосистемы 76
§ 19. Цепи и сети питания. Экологические пирамиды 79
§ 20. Продуктивность экосистем 85
§ 21. Биотические взаимоотношения популяций в экосистемах 90
§ 22. Динамика экосистем 94
§ 23. Агроэкосистемы и их особенности 98

Глава 4. Эволюция органического мира

§ 24. Основные гипотезы происхождения жизни 102
§ 25. Общая характеристика теории эволюции Чарльза Дарвина 105
§ 26. Теория искусственного отбора 110
§ 27. Движущие силы и основные результаты эволюции по Чарльзу Дарвину 115
§ 28. Общая характеристика синтетической теории эволюции 119
§ 29. Популяция — элементарная единица эволюции. Предпосылки эволюции 122
§ 30. Движущие силы эволюции 126
§ 31. Приспособления — основной результат эволюции 130
§ 32. Видообразование. Факторы и способы видообразования 135
§ 33. Прогресс и регресс в эволюции. Пути достижения биологического прогресса 140
§ 34. Способы осуществления эволюционного процесса 144
§ 35. Макроэволюция. Основные доказательства эволюции 147

Правообладатель Народная асвета

§ 36. Классификация организмов. Принципы систематики. Современная биологическая система 154
§ 37. Вирусы 156

Глава 5. Происхождение и эволюция человека

§ 38. Формирование представлений об эволюции человека. Место человека в зоологической системе 163
§ 39. Предшественники человека. Древние и ископаемые люди современного типа . . . 167
§ 40. Роль биологических и социальных факторов в эволюции человека 172
§ 41. Человеческие расы. Эволюция человека на современном этапе 177

Глава 6. Поведение как результат эволюции

§ 42. Поведение как форма адаптации организмов 183
§ 43. Инстинктивное и общественное поведение животных 188
§ 44. Поведение человека 191

Глава 7. Биосфера — живая оболочка планеты

§ 45. Понятие биосферы. Границы биосферы 196
§ 46. Компоненты биосферы. Функции живого вещества 200
§ 47. Круговорот веществ в биосфере 204
§ 48. Основные этапы развития биосферы 211
§ 49. Влияние хозяйственной деятельности человека на биосферу 214
§ 50. Угроза экологических катастроф и их предупреждение 219
§ 51. Заповедное дело и охрана природы 223
§ 52. Рациональное природопользование 230

Приложение А. Решение задач на составление и анализ цепей питания 235
Приложение Б. Решение задач на анализ превращения вещества и энергии в цепи питания, правило 10 % 240
Приложение В. Решение задач на балансовое равенство в экосистеме 244

Словарь основных терминов и понятий 250

Правообладатель Народная асвета

Учебное издание

Маглыш Сабина Степановна
Каревский Александр Евгеньевич

БИОЛОГИЯ

Учебное пособие для 11 класса
учреждений общего среднего образования
с русским языком обучения

2-е издание, исправленное и дополненное

Зав. редакцией *Г. А. Бабаева*. Редактор *Е. В. Литвинович*. Оформление *А. С. Хотеев, Л. А. Дашкевич*. Художественный редактор *Л. А. Дашкевич*. Технический редактор *Г. А. Дудко*. Компьютерная верстка *Т. В. Свириденко, Г. А. Дудко*. Корректоры *В. С. Бабеня, Е. П. Тхир, А. В. Алешко*.

Подписано в печать 29.12. 2015. Формат $70 \times 90^{1}/_{16}$. Бумага офсетная. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 19,31. Уч.-изд. л. 17. Тираж 111 500 экз. Заказ .

Издательское республиканское унитарное
предприятие «Народная асвета»
Министерства информации Республики Беларусь.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/2 от 08.07.2013.
Пр. Победителей, 11, 220004, Минск, Республика Беларусь.

ОАО «Полиграфкомбинат им. Я. Коласа».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 2/3 от 04.10.2013.
Ул. Корженевского, 20, 220024, Минск, Республика Беларусь.

Правообладатель Народная асвета

(Название и номер учреждения образования)

Учебный год	Имя и фамилия учащегося	Состояние учебного пособия при получении	Оценка учащемуся за пользование учебным пособием
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			

Правообладатель Народная асвета

Маглыш, С. С.

М38 Биология : учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / С. С. Маглыш, А. Е. Каревский ; под ред. С. С. Маглыш. — 2-е изд., испр. и доп. — Минск : Народная асвета, 2016. — 261 с. : ил.

ISBN 978-985-03-2521-1.

Первое издание учебного пособия вышло в 2010 году.

УДК 57(075.3=161.1)
ББК 28.0я721

Правообладатель Народная асвета